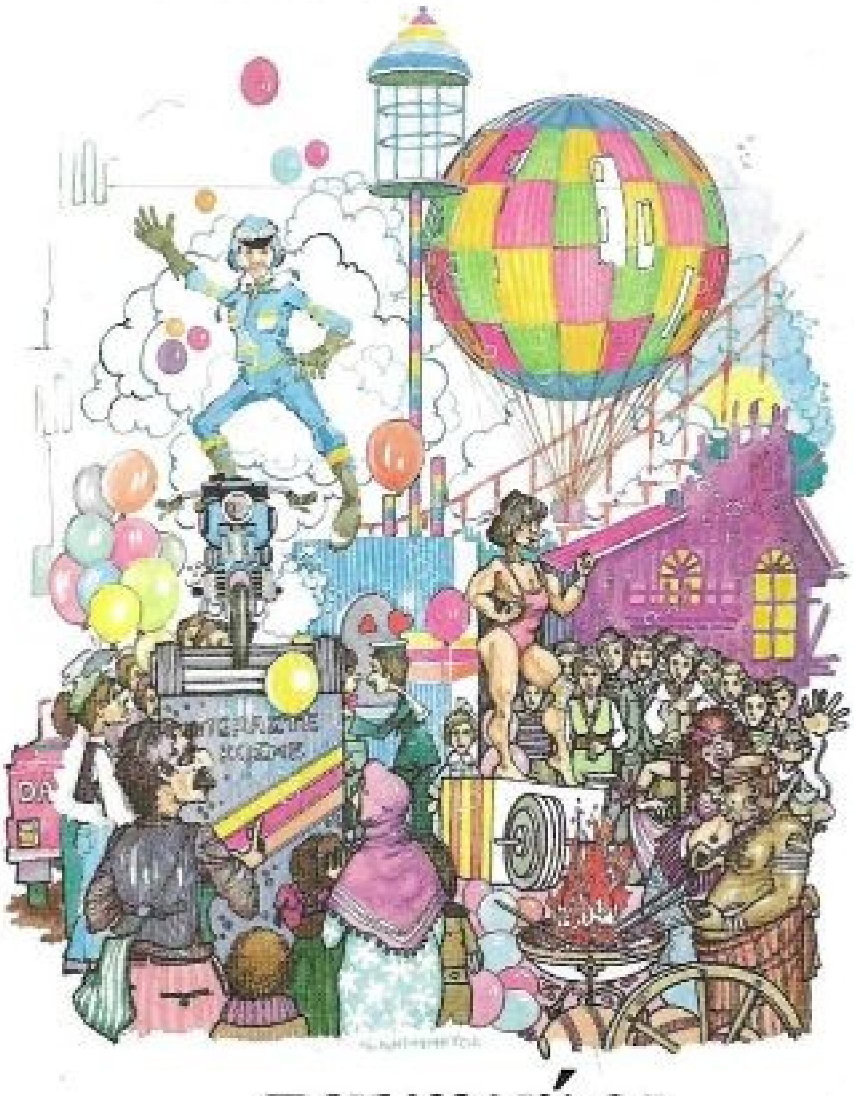
Jearl Walker



κάτοπτρο

το πανηγύρι της φυσικής

Με απαντήσεις

Jearl Walker

το πανηγύρι της φυσικής

με απαντήσεις

εκδόσεις τροχαλία

α. μάμαλης - γ. τρουφάκος

Πρόλογος του συγγραφέα

Οι ερωτήσεις που ακολουθούν, γράφτηκαν για να σας διασκεδάσουν. Ποτέ δε σκέφτηκα ότι θα μπορούσατε να τις θεωρήσετε πολύ σοβαρή δουλειά. Μερικές θα σας φανούν εύκολες· κάποιες άλλες όμως είναι δύσκολες και μερικοί άνθρωποι βγάζουν το ψωμί τους, προσπαθώντας να βρουν τις απαντήσεις τους. Και οι δύσκολες ερωτήσεις πάντως γράφτηκαν για να σας διασκεδάσουν.

Αυτό το οποίο θέλω να δείξω ουσιαστικά σ' αυτό το βιβλίο, συνίσταται στο ότι η Φυσική δεν είναι κάτι που το συναντάμε μόνο μέσα στα εργαστήρια. Τα φυσικά φαινόμενα βρίσκονται στην καθημερινή πραγματικότητα, μέσα στον κόσμο που ζούμε, δουλεύουμε, αγαπάμε και πεθαίνουμε. Αν αρχίσετε να συναντάτε τη Φυσική, την ώρα που μαγειρεύετε, τη στιγμή που μπαίνετε στο αεροπλάνο ή όσο ξεκουράζεστε δίπλα σ' ένα ρυάκι, αν αρχίσετε να διασκεδάζετε από το πανηγύρι της Φυσικής μέσα στο δικό σας κόσμο, τότε θα πιστέψω ότι δεν ήταν άσκοπο που καταπιάστηκα με τη συγγραφή αυτού του βιβλίου.

Γράψτε μου*, σας παρακαλώ, για να μου υποδείξετε κάποια διόρθωση ή να μου κάνετε οποιοδήποτε σχόλιο. Αλλά για μια ακόμη φορά σας παρακαλώ να θεωρήσετε όλα αυτά σαν ένα ευχάριστο διάλειμμα.

Δε θα ήθελα σε καμιά περίπτωση να σχηματιστεί η εντύπωση ότι γράφτηκε το βιβλίο αυτό μόνο από μένα. Πάρα πολλοί άνθρωποι συνεισέφεραν, βοήθησαν, συζήτησαν, κριτικάρησαν και ενθάρρυναν. Ξεκίνησα το γράψιμο την εποχή που έκανα μεταπτυχιακές σπουδές στο Πανεπιστήμιο του Maryland και γι' αυτό πρέπει να ευχαριστήσω τους καθηγητές Howard Laster και Harry Kriemelmeyer, που δέχτηκαν να βοηθήσουν ένα σπουδαστή ο οποίος διάλεξε για θέμα διδακτορικής εργασίας ένα τόσο ιδιόμορφο αντικείμενο. Ο Dick Berg του ίδιου Πανεπιστημίου βοήθησε με πολλές ιδέες και πολυάριθμες συζητήσεις. Ο Sherman Poultney δε μου υπέδειξε μόνο πολλές ερωτήσεις αλλά και έδειξε κατανόηση όταν (πολύ συχνά) η διδακτορική μου εργασία καθυστερούσε λόγω της συγγραφής αυτού του βιβλίου. Η γυναίκα μου Elizabeth με βοήθησε στη δακτυλογράφηση του κειμένου. Ο Art West, που ήταν επίσης σπουδαστής στο μεταπτυχιακό κύκλο, μου έκανε πολύτιμες και λεπτομερειακές υποδείξεις στην προτελευταία μορφή του κειμένου. Αλλά η Joanne Murray ήταν αυτή που βρήκε κάποια άκρη με τα Αγγλικά του κειμένου, διάβασε το χειρόγραφό μου και διατύπωσε πολλές εκδοχές. Ευχαριστώ επίσης τους Don Deneck, Edwin Taylor, George Arfken, Ralph Lewellyn και A.A. Strassenburg, που διάβασαν το κείμενο και έκαναν πολλές και σημαντικές υποδείξεις.

Jearl Walker

Από το σπίτι της γιαγιάς μου
Aledo, Texas, 1977

* Physics Department, Cleveland State University, Cleveland, Ohio, 44115.

Πρόλογος των μεταφραστών

Όσοι ασχολούμαστε με τη διδασκαλία της «Κιμωλιοφυσικής» και της «Χαρτοχημείας», γνωρίζουμε πολύ καλά το εξής φαινόμενο: οι περισσότεροι μαθητές από πολύ νωρίς χάνουν κατά μεγάλο μέρος την έμφυτη περιέργειά τους για το Φυσικό κόσμο. Παύουν να παρατηρούν, να οξύνουν την κρίση και τη φαντασία τους, να κινητοποιούν την αυτενέργειά τους· φοβούνται τα θετικά μαθήματα. Όταν αποφοιτήσουν από το Λύκειο, αισθάνονται συχνά απέχθεια για όλα αυτά. Όσοι πάλι γίνουν φοιτητές Θετικών σχολών, εξακολουθούν τις περισσότερες φορές να μένουν παθητικοί δέκτες.

Οι αιτίες είναι γνωστές:
Η Φυσική και η Χημεία εμφανίζονται ξένες προς τις υπόλοιπες επιστήμες, τη φιλοσοφία, την τέχνη, την οικονομική ζωή, το σύνολο της ανθρώπινης δραστηριότητας. Διδάσκονται ανεξάρτητα από την εξελικτική τους πορεία και παρουσιάζονται ως «αλάνθαστες» και «αιώνιες». Η θεωρητική «από έδρας» διδασκαλία δε στηρίζεται σε συγκεκριμένα καθημερινά φαινόμενα και πολύ περισσότερο σε εργαστηριακή πρακτική.

Ο κύριος σκοπός του Walker είναι ή «διασκέδαση» του αναγνώστη. Δεν είναι όμως και ο κύριος λόγος που μεταφράσαμε εμείς το βιβλίο του στα Ελληνικά. Πιστεύουμε ότι προσφέρει μέσα από τις ερωταποκρίσεις του πλήθος ερεθισμάτων για παρατηρήσεις, για έρευνα, για σκέψεις, για συζητήσεις, για κατανόηση φαινομένων, για ερμηνείες, για εργαστηριακές ασκήσεις με απλά μέσα. Θεωρούμε ότι μέσα από τα αναπάντητα μέχρι σήμερα ερωτήματά του (η φορά περιστροφής του νερού, καθώς αδειάζει η μπανιέρα — ερ. 4.65 —, είχε ζητηθεί από Πανεπιστημιακό δάσκαλο σε τμηματικές εξετάσεις με την απαίτηση να απαντήσουμε) παρέχει μαθήματα μετριοφροσύνης και προκαλεί ειδικούς επιστήμονες. Νομίζουμε ότι συνεισφέρει σημαντικά στη λύση του προαναφερθέντος προβλήματος.

Στην αμερικανική έκδοση το βιβλίο περιλαμβάνει 42 σελίδες βιβλιογραφίας με 1632 τίτλους αναφοράς (άρθρα επιστημονικών περιοδικών και βιβλία). Θεωρήσαμε ότι δεν ήταν απαραίτητη η εκτύπωσή τους στην ελληνική έκδοση, πράγμα που έγινε και στις υπόλοιπες ξενόγλωσσες εκδόσεις, επειδή απευθύνονται σε πολύ ειδικό κοινό και ούτως ή άλλως είναι δύσκολη — άν όχι αδύνατη — η ανεύρεσή τους στις ελληνικές βιβλιοθήκες. Παρόλα αυτά όμως παρακαλούμε τους αναγνώστες οι οποίοι θα ήθελαν τη βιβλιογραφία που αντιστοιχεί σε κάποια από τις ερωτήσεις ή ακόμη και ολόκληρη τη βιβλιογραφία, να μας γράψουν και θα την αποστείλουμε.

Από τη θέση αυτή θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το γελοιογράφο κ. Κ. Μητρόπουλο για την ευγενική παραχώρηση των γελοιογραφιών του· τους κ.κ. Χρ. και Λ. Γείτονα, διευθυντές των Εκπαιδευτικών «Κωστέα-Γείτονα» για την πολύπλευρη βοήθειά τους στην έκδοση του βιβλίου· το φιλόλογο κ. Θ. Πυλαρινό γιατί χωρίς αυτόν θα ήταν το βιβλίο περισσότερο Φυσική και λιγότερο «Πανηγύρι»· τη συνάδελφο κ. Π. Καλδέλη-Furniss για την πολύμορφη συμπαράστασή της· τις συναδέλφους κ.κ. Μ. Σιγάλα, Μ. Τζεφρώνη και τους συναδέλφους κ.κ. Γ. Ντράνο και Ε. Βιτωράτο για τις χρήσιμες υποδείξεις τους.

Αθήνα '85

Α. Μάμαλης — φυσικός
Γ. Τρουφάκος — χημικός

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 2: Μηχανική υλικού σημείου και στερεού σώματος

Κεφάλαιο 3: Θερμότητα και θέματα Μετεωρολογίας

Κεφάλαιο 4: Υδροστατική, Αεροστατική, Υδροδυναμική, Αεροδυναμική και μη Νευτώνια υγρά

Κεφάλαιο 5: Οπτική και θέματα Μετεωρολογίας

Κεφάλαιο 6: Ηλεκτρισμός, Ηλεκτρομαγνητισμός, Ιονοσφαιρική Φυσική

Κεφάλαιο 7: Γενικά θέματα Φυσικής

Απαντήσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1


G. ΚΑΡΑΜΕΤΟΣ

"φωνές και ήχοι
σαν βοή των πανη-
γύρεων
και των ιωβηλαίων"

* Σ.τ.Μ: Από το «Οκτάνα» του Α. Εμπειρίκου.

Ταλάντωση

Τριβή

Συντονισμός

1.1

Η στρίγγλα κιμωλία

Γιατί η κιμωλία βγάζει ένα στριγκό ήχο, αν την κρατάτε αδέξια; Γιατί έχει σημασία ο προσανατολισμός της κιμωλίας και τι προσδιορίζει το ύψος του ήχου, που ακούτε; Γιατί συχνά οι πόρτες τρίζουν; Γιατί τα λάστιχα ενός αυτοκινήτου «στριγγλίζουν» όταν ντεραπάρει;

Συντονισμός

Ταλάντωση

Τριβή

1.2

Το δάχτυλο και το κρασοπότηρο

Γιατί ένα κρασοπότηρο «τσιρίζει», όταν σύρετε πάνω στα χείλη του το δάχτυλό σας βρεγμένο; Τι διεγείρει το ποτήρι και γιατί το δάχτυλο πρέπει να είναι βρεγμένο και όχι λαδωμένο; Τι καθορίζει το ύψος του ήχου; Η ταλάντωση του χείλους του ποτηριού είναι διαμήκης ή εγκάρσια; Τέλος, γιατί το στιγμιότυπο κύματος του κρασιού παρουσιάζει κοιλία* σε σημεία που σχηματίζουν γωνία 45° με το δάχτυλό σας;

*Σ.τ.Μ: Κοιλίες είναι τα σημεία στα οποία το πλάτος ταλάντωσης είναι μέγιστο

Συνεζευγμένες ταλαντώσεις

1.3

Ταλαντώσεις ενός ταμπούρλου με δύο όψεις

Αν χτυπήσετε ένα ταμπούρλο με δύο όψεις – π.χ. ένα ινδιάνικο ταμ - ταμ – σε μια απ' αυτές θα παρατηρήσετε ότι ταλαντώνονται και οι δύο όψεις, παρόλο που ορισμένες στιγμές δεν ταλαντώνονται συγχρόνως. Προφανώς η ταλάντωση μεταδίδεται από τη μια μεμβράνη στην άλλη και περιοδικά καθεμιά σταματάει, σχεδόν τελείως. Γιατί; Σας πέρασε από το μυαλό ότι πρέπει να ταλαντώνονται οι δυο μεμβράνες σε συμφωνία; Τι προσδιορίζει τη συχνότητα, με την οποία μεταφέρεται η ενέργεια από τη μια στην άλλη και αντίστροφα;

Αρμονική κίνηση.

1.4

Το τύπωμα των χαμηλών συχνοτήτων σ' ένα δίσκο.

Εάν χαμηλώσετε την ένταση του ενισχυτή και δεν ακούγεται παρά μόνο ο ήχος που προέρχεται απο τη βελόνα, θα ακούτε τις υψηλές συχνότητες και σχεδόν καθόλου τις χαμηλές. Ο ενισχυτής, όμως ενισχύει περισσότερο τις χαμηλές παρά τις υψηλές συχνότητες. Υπάρχει κάποιος πρακτικός λόγος που δεν επιτρέπει να τυπώνονται βαθιά οι χαμηλές συχνότητες, με αποτέλεσμα να μειώνεται η έντασή τους;

Ταλάντωση

Διατμητικές δυνάμεις

1.5

Η άμμος, που σφυρίζει

Σε διάφορες περιοχές του κόσμου,(για παράδειγμα στις Αγγλικές ακτές) υπάρχει άμμος που σφυρίζει, όταν περπατάτε πάνω της. Είναι εύκολο να υποθέσει κάποιος γιατί η άμμος «τρίζει». Θέλει πολλή φαντασία όμως η ανακάλυψη του αιτίου, που κάνει αυτήν να σφυρίζει. Είναι δυνατό οι κόκκοι της άμμου να έχουν ειδική μορφή, εντελώς μοναδική, ώστε να την κάνουν να αντηχεί;

Ταλάντωση

Διατμητικές δυνάμεις

1.6

Οι αμμόλοφοι που μουγκρίζουν

Το βουητό που κάνουν μερικές φορές οι αμμόλοφοι, είναι ακόμα πιο περίεργο. Ξαφνικά, στη νέκρα της ερήμου, ένας αμμόλοφος αρχίζει να «βροντά» τόσο λυσσασμένα, που για να ακούγεται κανείς από τους φίλους του, πρέπει να φωνάζει.

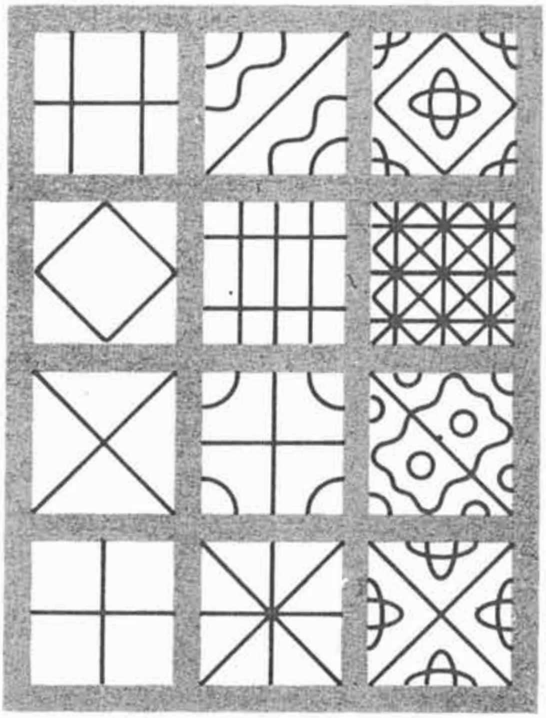
Η εξήγηση του φαινομένου βρίσκεται στο γεγονός ότι «κατακρημνίζονται» μάζες άμμου προς την απάνεμη πλευρά του αμμόλοφου. Δεν υπάρχει τίποτα το ασυνήθιστο σε τέτοιες «κατακρημνίσεις» μια και μ' αυτόν τον τρόπο μετακινούνται στην έρημο οι αμμόλοφοι. Μπορεί μια από αυτές τις «κατακρημνίσεις» να δημιουργήσει, κάτω από ορισμένες συνθήκες, μεγάλη ταλάντωση στην άμμο και να παραγάγει κατ' αυτόν τον τρόπο το βουητό;

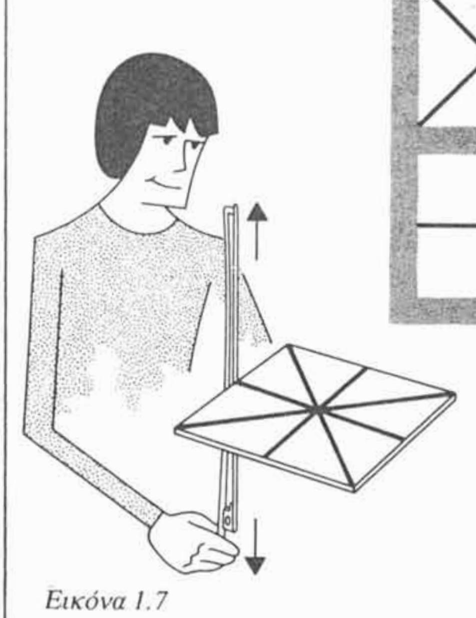
Ταλάντωση

Στάσιμα κύματα

1.7
Τα σχήματα του Chladni

Μπορείτε να δείτε τα σχήματα του Chladni με τη βοήθεια ενός μεταλλικού δίσκου, που τον έχετε κρεμάσει από το κέντρο του και τον έχετε «πασπαλίσει» με ψιλή άμμο. Όταν χαϊδέψετε την άκρη του δίσκου με ένα δοξάρι, η άμμος χοροπηδά και δημιουργεί διάφορα γεωμετρικά σχήματα πάνω σ' αυτόν (βλέπε εικ.1.7). Γιατί; Θα σκέφτεστε ότι δεν υπάρχει τίποτα το εκπληκτικό σ' αυτό το φαινόμενο: ότι είναι απλά στάσιμα κύματα, που σχηματίζονται στο μεταλλικό δίσκο από την κίνηση του δοξαριού. Εξηγήστε μου όμως, γιατί με την ίδια κίνηση του δοξαριού δημιουργούνται διαφορετικά σχήματα από ψιλή άμμο και διαφορετικά από ψιλή σκόνη; Μπορείτε ακόμη να ανακατέψετε από πριν τα δύο υλικά. Θα διαπιστώσετε ότι διαχωρίζονται, φτιάχνοντας το καθένα τα δικά του σχήματα.





Εικόνα 1.7
Τα σχήματα του Chladni (Μερικά σχήματα δημιουργούνται μόνο όταν ο δίσκος δεν στηρίζεται στο κέντρο του).

Ταλάντωση χορδής

1.8
Ξύνοντας το μπάντζο και χαϊδεύοντας την άρπα

Γιατί το μπάντζο βγάζει ένρινο ήχο ενώ η άρπα ήχο απαλό και μελωδικό; Μια διαφορά των δύο οργάνων οφείλεται στο ότι το μπάντζο παίζεται με πένα, ενώ η άρπα με το δάχτυλο. Πώς όμως τό γεγονός αυτό δημιουργεί τη διαφορά ήχου;

Ταλάντωση χορδής

Συντονισμός

1.9
Τηλέφωνο με σπάγγο

Πώς λειτουργεί το τηλέφωνο με σπάγγο, που παίζατε μικροί; Με ποιό τρόπο το ύψος του ήχου, που ακούγεται στο «ακουστικό», εξαρτάται απο την τάση, την πυκνότητα του σπάγγου και το μέγεθος του κουτιού; Πόσο μακρύτερα μεταφέρεται η ενέργεια της φωνής μέσω του τηλεφώνου με σπάγγο απ' ό,τι χωρίς αυτό;

Ταλάντωση χορδής

Τριβή

1.10
Το παίξιμο του βιολιού

Αν τσιμπήσετε μια χορδή, όπως κάνει ένας κιθαρίστας, είναι προφανής ο τρόπος που ταλαντώνεται. Πώς όμως η επιφανεια-

κά ήρεμη κίνηση του δοξαριού κάνει τη χορδή ενός βιολιού να ταλαντώνεται; Το ύψος του ήχου που παράγεται, εξαρτάται απο την πίεση, που εξασκεί το δοξάρι στη χορδή ή απο την ταχύτητά του;



Εικόνα 1.10

Ταλάντωση χορδής

1.11
Τσιμπώντας ένα λάστιχο

Όταν τεντώνετε μια χορδή κιθάρας ανεβάζετε το ύψος του ήχου, που παράγει. Τι θα συμβεί, αν κάνετε το ίδιο με ένα λάστιχο, που το κρατάτε τεντωμένο με τον αντίχειρα και το δείχτη; Θα αλλάζει το ύψος του ήχου, που παράγει; Όχι, μένει περίπου το ίδιο· και αν ακόμη αλλάξει, γίνεται πιο βαρύς και όχι πιο οξύς. Γιατί υπάρχει διαφορά μεταξύ του λάστιχου και της χορδής της κιθάρας;

Ταλάντωση

Μεταβολή φάσης

1.12
Η πολυφωνία του βραστού νερού.

Όταν βράζετε νερό για τον καφέ σας, ο χαρακτηριστικός ήχος που βγάζει αυτό, σας πληροφορεί οτι αρχίζει να βράζει. Στην αρχή ακούγεται ένας ψίθυρος που αυξάνεται σε ένταση, στη συνέχεια παύει, και ακούγεται ένας υπόκωφος ήχος. Τη στιγμή ακριβώς που το νερό αρχίζει να βράζει, ο ήχος «μαλακώνει». Πώς εξηγείτε αυτούς τους ήχους και πώς τη μεταβολή που γίνεται, όταν πια το νερό αρχίζει να βράζει;

Ταλάντωση

1.13
Το ρυάκι που κελαρύζει.

Θα σας έτυχε κάποτε ν' ακούσετε το «μουρμούρισμα» ρυακιού, ξαπλωμένος και απολαμβάνοντας μια ηλιόλουστη μέρα. Γιατί όμως τα ρυάκια κελαρύζουν; Και γιατί οι μικροί και μεγάλοι καταρράχτες «βρυχώνται»; Ποιά είναι η αιτία του απαλού ήχου, που ακούγεται, μόλις ανοίξετε ένα αεριούχο ποτό; Παρατηρήστε ένα τελείως διαυγές αεριούχο ποτό και προσπαθήστε να βρείτε τη σχέση ανάμεσα στο θόρυβο και στο σχηματισμό, στην κίνηση και στο σκάσιμο των φυσαλίδων.

Πίεση

Μεταβολή φάσης.

1.14
Περπατώντας στο χιόνι.

Μερικές φορές το χιόνι τρίζει, όταν περπατάτε πάνω του, πράγμα που συμβαίνει μόνο αν η θερμοκρασία είναι πολύ κάτω από το μηδέν. Τι προκαλεί τον ήχο και γιατί η παραγωγή του εξαρτάται από τη θερμοκρασία; Σε ποια θερμοκρασία — περίπου — αρχίζει να τρίζει το χιόνι;

Απορρόφηση

1.15
Σιωπή μετά το χιόνι.

Γιατί υπάρχει νεκρική ηρεμία αμέσως μετά το πέσιμο του χιονιού; Δεν υπάρχουν βέβαια τόσοι άνθρωποι και αυτοκίνητα στην πόλη λόγω της χιονοπτώσεως, αυτό όμως δεν δικαιολογεί τόση ησυχία. Πού πηγαίνει η ενέργεια όλου αυτού του θόρυβου; Γιατί το χιόνι πρέπει να είναι φρέσκο; Μια παρόμοια μείωση του θόρυβου δημιουργείται μέσα σε τούνελ, που μόλις σκάφτηκαν στο χιόνι κατά τη διάρκεια πολικών εκστρατειών. Σ' αυτές τις περιπτώσεις πρέπει κανείς να φωνάζει για να ακουστεί σε απόσταση μεγαλύτερη απο 5 μέτρα. Τι συμβαίνει και εδώ με την ηχητική ενέργεια;

1.16
Το σκίσιμο των ρούχων.

Με όσο μεγαλύτερη ταχύτητα σκίζετε ένα ύφασμα, τόσο γίνεται οξύτερος ο ήχος, που παράγεται. Γιατί;



Εικόνα 1.18
«Για άκουσε. Ξανάρχισαν να κάνουν κριτσ - κρατσ».

1.21
Το ήλιο και το ύψος της φωνής.

Γιατί, όταν αναπνεύσετε αέριο ήλιο η φωνή σας γίνεται οξύτερη; Πρέπει να είσαστε πάρα πολύ προσεκτικοί, όταν εισπνέετε ήλιο. Υπάρχει κίνδυνος να πάθετε ασφυξία χωρίς να αισθάνεστε καμία απολύτως δυσφορία, μια και δεν υπάρχει συσσώρευση διοξείδιου του άνθρακα στους πνεύμονες.

1.17
Το τρίξιμο των δαχτύλων.

Τι είναι αυτό που δημιουργεί το χαρακτηριστικό «κρακ» όταν τραβάτε τα δάχτυλά σας; Γιατί πρέπει να περιμένετε λίγο χρόνο, για να μπορέσετε να επαναλάβετε τον ίδιο ήχο;

1.18
Κριτς - κρατς.

Γιατί το Rice Krispies* κάνει το χαρακτηριστικό κριτς - κρατς όταν το μουσκεύετε στο γάλα;

*Σ. τ. Μ: Είναι τα «γαριδάκια» που τρώγονται στο πρόγευμα και παρασκευάζονται από την Kellogg Company.

1.19
Ο θόρυβος του πάγου που λιώνει.

Ρίχτε ένα ή δύο παγάκια στο αγαπημένο σας ποτό και θα ακούσετε στην αρχή ένα σπάσιμο και έπειτα κάτι σαν ήχο «τηγανίσματος». Τι προκαλεί αυτόν τον ήχο; Στην πραγματικότητα δεν μπορούν όλα τα παγάκια να παράγουν τον ήχο του «τηγανίσματος». Γιατί; Τα παγόβουνα, καθώς λιώνουν κατά τη διάρκεια του ταξιδιού τους προς το νότο, παράγουν τον ίδιο ήχο, που τον ακούν τα πληρώματα των πλοίων και των υποβρυχίων. Τον λένε μάλιστα «bergy seltzer».

Διάδοση του ήχου

1.20
Ένα αυτί κολλημένο στη γη.

Γιατί οι γέροι αρχηγοί των Ινδιάνων, στα παλιά γουέστερνς, έπεφταν στα γόνατα και κολλούσαν τ' αυτί τους στο έδαφος, ώστε να καταλάβουν αν έρχονται απο μακριά καβαλάρηδες, που δεν μπορούσαν ακόμη να δουν; Γιατί μπορούσαν να ακούν τα ποδοβολητά των αλόγων στο έδαφος και όχι στον αέρα;

Ταχύτητα του ήχου.

1.22
Χτυπώντας ένα φλυτζάνι καφέ.

Όταν ανακατεύετε το νεσκαφέ σ' ένα φλυτζάνι με νερό, χτυπήστε με το κουτάλι την πλευρά του φλυτζανιού. Το ύψος του ήχου αλλάζει ριζικά, αν συνεχίζετε να προσθέτετε καφέ. Γιατί; Χτυπήστε το ποτήρι της μπύρας καθώς ο αφρός της κατεβαίνει. Και σ' αυτήν την περίπτωση το ύψος του ήχου αλλάζει. Γιατί; Θα παρασυρθείτε και θα απαντήσετε ότι ο αφρός της μπύρας και η σκόνη του καφέ σβήνουν τις ταλαντώσεις που παράγονται απο το χτύπημα του φλιτζανιού. Αν, όμως, ήταν έτσι, δε θα 'πρεπε να αλλάζει η ένταση του ήχου και όχι το ύψος του;

Ταχύτητα ήχου και θερμοκρασία.

1.23

Η ορχήστρα «ζεσταίνεται» και ο ήχος αλλάζει.

Γιατί το ύψος του ήχου των πνευστών οργάνων σε μια ορχήστρα αυξάνει, όταν «ζεσταίνεται» η ορχήστρα; Γιατί το ύψος του ήχου των εγχόρδων οργάνων μειώνεται;



(Από το «Ελλάδα Ελλαδάρα μας!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

Συμβολή

1.24

Σκύψτε προς το έδαφος για να ακούσετε το αεροπλάνο.

Διάβαζα κάπου ότι, αν πλησιάσεις το κεφάλι σου στο έδαφος και ακούς τον ήχο της πτήσης ενός αεροπλάνου, νομίζεις πως αυξάνει το ύψος του ήχου. Όμοια, αν βρίσκεσαι δίπλα σ' έναν τοίχο, που είναι κοντά σε καταρράχτη, εκτός απο τον ήχο που παράγει η πτώση του νερού, ακούς και έναν άλλο ασθενέστερο, διάχυτο θόρυβο. Όσο μάλιστα πλησιέστερα στον τοίχο βρίσκεσαι τόσο οξύτερος γίνεται ο δεύτερος ήχος. Γιατί και στις δύο περιπτώσεις το ύψος του δεύτερου ήχου, εξαρτάται από την απόσταση του αυτιού από τη στερεή επιφάνεια;

Συμβολή

Κυματοδηγοί

1.25

Τα σφυρίγματα του σωλήνα

Σταθείτε μπροστά σ' έναν μακρύ τσιμεντένιο σωλήνα και χτυπήστε τα χέρια σας. Δε θα ακούσετε μόνο την ηχώ από το χτύπημα αλλά και ένα «ζρουμ», στην αρχή οξύ, που γίνεται βαθύτερο σε κλάσματα δευτερολέπτου*.

Ποια είναι η αιτία αυτού του «ζρουμ»;

1.26

Η ακουστική στις αίθουσες συναυλιών

Γιατί οι αίθουσες συναυλιών είναι συνήθως στενές και ψηλοτάβανες; Αν η ηχώ ήταν ανεπιθύμητη, δε θα 'πρεπε οι τοίχοι και η οροφή να ήταν πιο κοντά στον ακροατή; Έτσι ο ακροατής δε θα μπορούσε να ξεχωρίσει τον άμεσο ήχο απ' αυτόν της ανάκλασης.

Ποιο είναι το ελάχιστο χρονικό διάστημα, για να ξεχωρίζει ο ακροατής αυτούς τους δύο ήχους; Γιατί μια αίθουσα γεμάτη κόσμο έχει καλύτερη ακουστική από μια άδεια;

Αν είναι ανεπιθύμητη η ηχώ στις αίθουσες, γιατί δεν καλύπτουμε τους τοίχους και την οροφή με υλικό, απορροφητικό του ήχου; Ακόμη και σε βάρος της αισθητικής τους φαίνεται ότι κατασκευάζονται οι αίθουσες συναυλιών έτσι, ώστε να μην εξαφανίζονται οι ανακλάσεις. Οι τοίχοι μάλιστα και η οροφή καλύπτονται μερικές φορές από γωνιές που ανακλούν τον ήχο προς όλες τις διευθύνσεις. Λέγεται τέλος ότι μια αίθουσα δίχως ανάκλαση, είναι ακουστικά «νεκρή».

*Ο Crawford σ' ένα άρθρο του στο American J. Physics (39, 610 - 1971) αναφέρει το φαινόμενο αυτό σαν ανάλογο των ατμοσφαιρικών σφυριγμάτων.

Ανάκλαση

Εστίαση

1.27

Η ακουστική ενός εξομολογητηρίου

Μερικές αίθουσες φημίζονται για την ιδιόρρυθμη ακουστική τους· μερικές απ' αυτές μάλιστα εστιάζουν τον ήχο. Το φαινόμενο αυτό ίσως να χρησιμοποιήθηκε στις φυλακές των Συρακουσών, στο «αυτί του Διονύσιου» όπως τις ονόμασαν. Η ακουστική τους κατόρθωνε να διοχετεύει τις ομιλίες και τους ψιθύρους ακόμα των φυλακισμένων στο χείλος ενός σωλήνα, κρυμμένου έτσι, ώστε να τους ακούει ο τύραννος.

Ένα πιο σύγχρονο παράδειγμα είναι αυτό του παλιού θόλου της αίθουσας συνεδριάσεων του Καπιτώλιου στην Ουάσιγκτον. Εκεί είναι δυνατό να ανακλαστεί και ο παραμικρός ψίθυρος και να ακουστεί στην άλλη άκρη της αίθουσας. Γι' αυτό πολλές φορές έχει εκφραστεί η δυσαρέσκεια βουλευτών, που ψιθύριζαν μυστικά σε συναδέλφους τους.

Στον καθεδρικό ναό του Girge-

nti, στη Σικελία, δημιουργήθηκαν ακόμη πιο ενοχλητικές καταστάσεις. Ο ναός έχει σχήμα ελλειψοειδούς από περιστροφή, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα, ο ήχος που παράγεται στη μία εστία του ελλειψοειδούς, να ακούγεται, και μάλιστα με την ίδια ένταση, στην άλλη. Μετά την κατασκευή του ναού διαλέχτηκε ακούσια η μία εστία σαν θέση του εξομολογητηρίου. Η άλλη εστία ανακαλύφτηκε τυχαία και μετά από αρκετό χρόνο. Αυτός, μάλιστα, που την ανακάλυψε, διασκέδαζε για καιρό, ακούγοντας μαζί με τους φίλους του τις εξομολογήσεις. Η διασκέδαση, όπως λένε οι κακές γλώσσες, πήρε τέλος, όταν κάποια μέρα εξομολογιόταν η γυναίκα του «εξερευνητή» της εστίας. Και ο ίδιος και οι φίλοι του βέβαια, άκουσαν τα μυστικά της, μυστικά που έφεραν σε δύσκολη θέση το σύζυγο αλλά και έναν από τους φίλους.

Διάδοση

Διάθλαση

1.28

Το ταξίδι του ήχου τις κρύες μέρες.

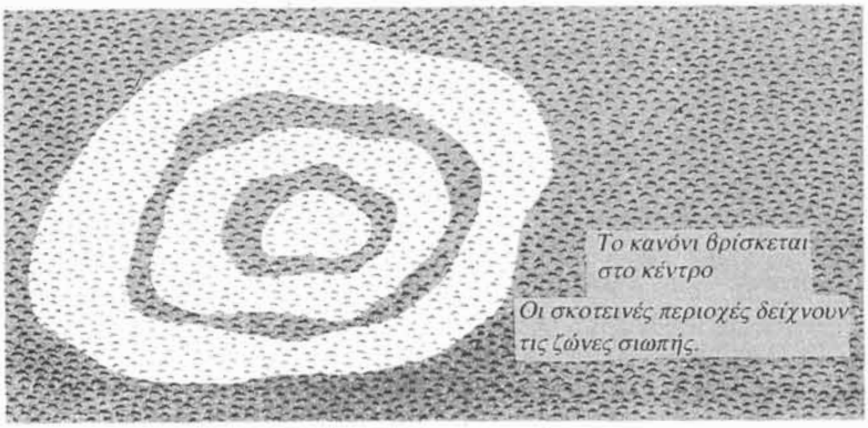
Γιατί ο ήχος διαδίδεται πιο μακριά μια κρύα παρά μια ζεστή ημέρα; Αυτό είναι ιδιαίτερα φανερό, όταν η λίμνη είναι ήρεμη ή παγωμένη. Αντίθετα στην έρημο η διαδρομή του ήχου περιορίζεται σημαντικά.

1.29

Ζώνες σιωπής γύρω από την έκρηξη

Παρατηρήθηκε συχνά στη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου ότι, όταν κάποιοι περπατούσαν προς την κατεύθυνση ενός κανονιού, που βρισκόταν βέβαια μακριά, έπαυαν να ακούν τις ομοβροντίες του σε ορισμένες απόστασεις απ' αυτό. Γιατί υπήρχαν αυτές οι ζώνες σιωπής;

Η διάδοση του ήχου σε μεγάλες αποστάσεις είναι παράξενη. Έτσι, κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, ο πληθυσμός των Αγγλικών ακτών άκουγε τα κανόνια, που βρισκόντουσαν στη Γαλλία. Ποιές είναι οι συνθήκες, που επιτρέπουν στον ήχο να φτάνει τόσο μακριά;



Εικόνα 1.29

Ανάκλαση

Διάχυση κατά Rayleigh

1.30

Η ηχώ και οι παραξενιές της

Είμαι σίγουρος ότι μπορείτε να εξηγήσετε την ηχώ – (προέρχεται από την ανάκλαση των ηχητικών κυμάτων σε απομακρυσμένα αντικείμενα) – έτσι δεν είναι;

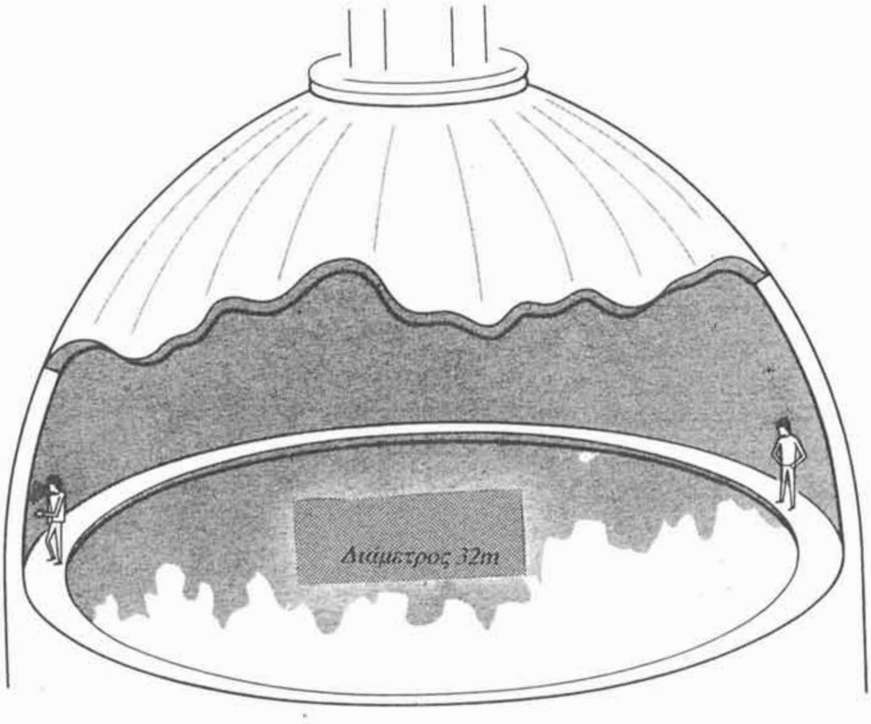
Εξηγήστε μου, λοιπόν, γιατί μερικές φορές η ηχώ επιστρέφει στην πηγή της με μεγαλύτερο ύψος απ' αυτό του αρχικού ήχου; Γιατί, επίσης, ένας οξύς ήχος παράγει συνήθως ηχώ πιο ισχυρή και ευδιάκριτη από έναν βαρύ ήχο; Ποια είναι η ελάχιστη απόσταση που μπορείτε να πλησιάσετε έναν τοίχο και να ακούσετε την ηχώ;

1.31

Η αίθουσα των μυστηριωδών ψιθύρων

Ο Rayleigh ήταν ο πρώτος που εξήγησε το μυστήριο της αίθουσας των ψιθύρων στο θόλο του Καθεδρικού ναού του Αγίου Παύλου του Λονδίνου.

Μέσα σ' αυτήν την τεράστια αίθουσα οι ψίθυροι είναι ιδιαίτερα αισθητοί. Αν, για παράδειγμα, κάποιος φίλος σας ψιθυρίζει με το πρόσωπο στραμμένο στον τοίχο της αίθουσας, μπορείτε να τον ακούσετε, σε οποιοδήποτε σημείο του τοίχου και αν βρίσκεστε. Και μάλιστα – όσο παράξενο και αν σας φανεί – θα ακούτε καλύτερα το φίλο σας, όσο πιο κοντά βρίσκεστε και σεις και αυτός στον τοίχο, με το πρόσωπο γυρισμένο προς αυτόν.

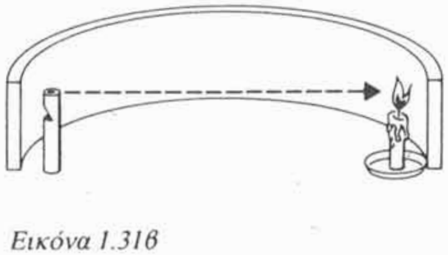


Εικόνα 1.31α
Τομή της αίθουσας των ψιθύρων.

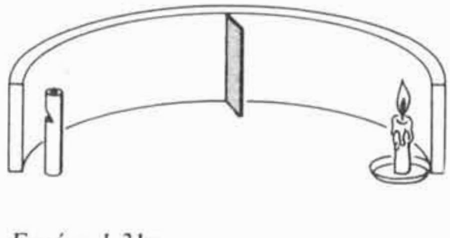
Το φαινόμενο αυτό είναι ένα ένα κοινό πρόβλημα ανάκλασης και εστίασης; Για να απαντήσει ο Rayleigh κατασκεύασε μια μεγάλη μακέτα της αίθουσας αυτής. Τοποθέτησε μια σφυρίχτρα στη μια άκρη της μακέτας και στην απέναντί της τη φλόγα ενός κεριού· όταν το ηχητικό κύμα που παρήγε η σφυρίχτρα, έφτανε στη φλόγα, τρεμόπαιζε αυτή, κι έτσι λειτουργούσε ως ανιχνευτής ήχου.

Θα θέλατε, φαντάζομαι, να σχεδιάσετε την ηχητική ακτίνα, όπως είναι στην Εικόνα 1·31β. Αλλά, πριν σας πείσω για την αλήθεια, υποθέστε ότι τοποθετείτε μια στενή οθόνη, κάθετα σε κάποιο σημείο της εσωτερικής περιμέτρου της μακέτας, όπως φαίνεται στην εικόνα 1·31γ (η ακριβής θέση της οθόνης δεν έχει σημασία). Αν η σκέψη σας για την ηχητική ακτίνα είναι σωστή, η φλόγα πρέπει να τρεμοπαίξει γιατί η οθόνη δε βρίσκεται στην πορεία της. Ε, λοιπόν, στην πράξη (όταν ο Rayleigh τοποθέτησε την οθόνη) η φλόγα δεν κινήθηκε. Με κάποιο τρόπο η οθόνη διέκοπτε το ηχητικό κύμα. Αλλά πώς; Μην ξεχνάτε πως δεν ήταν παρά μια στενή οθόνη τοποθετημένη έξω από την ηχητική ακτίνα.

Η απάντηση σ' αυτό το ερώτημα έδωσε στο Reyleigh το κλειδί του μυστηρίου της αίθουσας των ψιθύρων.



Εικόνα 1.31β
Η μακέτα του Rayleigh.
Η σφυρίχτρα υποχρεώνει τη φλόγα να τρεμοπαίζει.



Εικόνα 1.31γ
Η φλόγα δεν κινείται όταν τοποθετήσουμε τη στενή οθόνη στην εσωτερική περίμετρο της μακέτας.

1.32
Μουσική ηχώ

Ποια είναι η αιτία της «μουσικής» ηχούς που ακούτε μερικές φορές, όταν παράγετε κάποιο ήχο κοντά σ' ένα φράχτη ή σε μια σκάλα; Μπορείτε να υπολογίσετε το ύψος της ηχούς;

Στρόβιλοι

Διάθλαση

1.33
Οι ήχοι των κυκλώνων

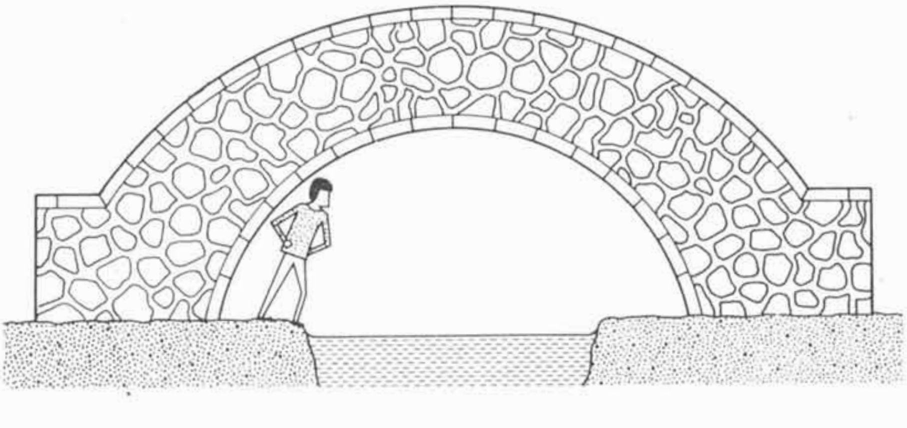
Η γιαγιά μου μπορούσε πάντα να προβλέπει έναν κυκλώνα από την απόλυτη σιωπή που έπεφτε, πριν το ξέσπασμά του. Γιατί δημιουργείται αυτή η σιωπή; Τη στιγμή που έφτανε η αρχή του κυκλώνα, γινόταν ένας εκκωφαντικός κρότος, που έμοιαζε με αυτόν ενός αεριωθουμένου. Γιατί δημιουργείται αυτός ο κρότος; Τέλος, λένε, ότι στο μάτι του κυκλώνα βασιλεύει απόλυτη σιωπή. Είναι δυνατό να αληθεύει κάτι τέτοιο; Δε θα 'πρεπε τουλάχιστον ν' ακούγεται ο θόρυβος της μανιασμένης καταστροφής, που γίνεται έξω απ' το κέντρο;

Ανάκλαση

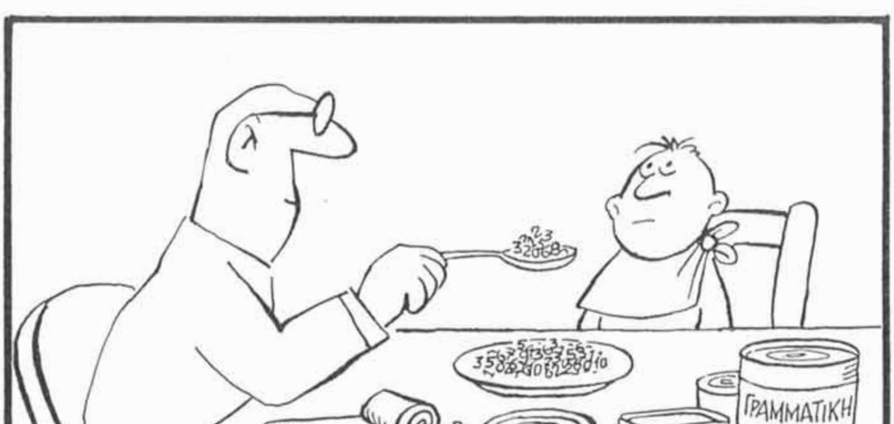
Κύματα Rayleigh

1.34
Η γέφυρα που ηχεί

Το φαινόμενο της αίθουσας των ψιθύρων (βλ. ερ. 1·31) είναι πιθανό να εξηγεί μερικούς ήχους που μπορείτε να ακούσετε κάτω από το τόξο μιας γέφυρας. Αν σταθείτε κοντά στον τοίχο του τόξου και ψιθυρίσετε πολύ σιγά, θα ακούσετε δύο φορές την ηχώ· ένα δυνατό παλαμάκι θα προκαλέσει πολλές φορές ηχώ. Αυτά μπορούν να εξηγηθούν από μία φυσιολογική ανάκλαση του ήχου στο νερό ή με το φαινόμενο της αίθουσας των ψιθύρων ή και με τα δύο μαζί;



Εικόνα 1.34
Γέφυρα με ηχώ.



Διάθλαση

1.35
Το ταξίδι του ήχου με τον άνεμο

Γιατί ακούτε καλύτερα ένα φίλο σας που φωνάζει από μακριά αλλά προς την κατεύθυνση που κινείται ο άνεμος, και όχι κόντρα σ' αυτόν; Η απλοϊκή εξήγηση ότι στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει μεγαλύτερη απόσβεση του ήχου, είναι αρκετή;

Διάδοση του ήχου

1.36
Κεραυνοί «εν αιθρία»

Όλη η ανθρώπινη ιστορία είναι γεμάτη από διηγήσεις ουρανόπεμπτων ήχων, που συνοδεύονται από κρότους και ξαφνικά «σπασίματα» ενώ ο ουρανός είναι καθαρός και δε δικαιολογείται ύπαρξη καμιάς πηγής ήχου. Αυτοί οι ήχοι, που τους αποκαλούν «βρόντους» ή «μπουμπουνητά» ακούγονται οπουδήποτε: στις πεδιάδες, στη θάλασσα, στα βουνά. Η μελέτη των κρότων αυτών απέδειξε ότι ακούγονται συχνότερα το πρωί και το απόγευμα παρά το μεσημέρι, και σχεδόν ποτέ το βράδυ. Είναι, ακόμη, πολύ συχνοί σε μερικές περιοχές της γης. Στον κόλπο της Βεγγάλης, για παράδειγμα, ακούγονται τόσο συχνά που οι κάτοικοι τούς αποδίδουν στους Θεούς.

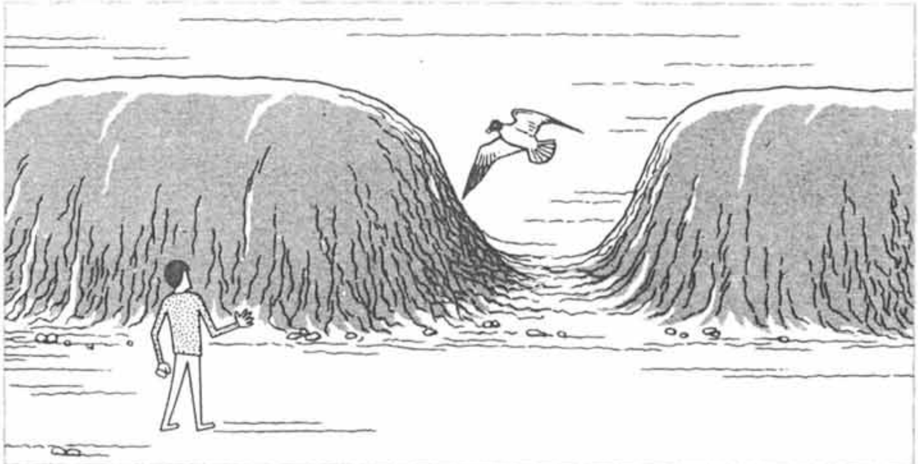
Θα θέλαμε να αποδώσουμε αυτούς τους μυστηριώδεις ήχους σε μακρινούς κεραυνούς, ξέρουμε όμως ότι δεν μπορούν να ακουστούν αυτοί σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 25km (βλ. ερ. 1·38). Επιπλέον, οι κρότοι αυτοί ακούγονται, όταν ο καιρός είναι καλός. Μπορείτε να φανταστείτε άλλες πιθανές εξηγήσεις;

Περίθλαση

1.37
«Σκιές» στις κραυγές των γλάρων

Η παρακάτω ιστορία είναι ένα καλό παράδειγμα «ηχητικής σκιάς» (βλέπε εικ. 1.37).

Την άνοιξη οι γλάροι συνωστίζονται σε βρυώδη έλη, για να αποθέσουν εκεί τα αυγά τους· όταν οι νεοσσοί είναι σε θέση να πετάξουν, ο αέρας γεμίζει από τις στριγκές φωνές τους. Κοντά στις φωλιές των γλάρων υπάρχει ένας δρόμος που συνορεύει σε μερικά του σημεία με σειρές από θυμωνιές. Οι διαστάσεις κάθε θυμωνιάς είναι πολύ μεγαλύτερες απο το μήκος κύματος της φωνής των πουλιών, και έτσι σχηματίζεται πίσω από κάθε μια τους καλή «ηχητική σκιά» όπου επικρατεί απόλυτη σιωπή. Απέναντι από το κενό μεταξύ των θυμωνιών ο ήχος είναι τόσο έντονος, που σχεδόν γίνεται δυσάρεστος. Η μετάβαση μάλιστα από το θόρυβο στη σιωπή γίνεται απότομα. Θα υπήρχαν ζώνες σιωπής, αν οι κραυγές των γλάρων ήταν βαριές και όχι διαπεραστικές;



Εικόνα 1.37

Διάθλαση

1.38

Αστραπές χωρίς βροντές

Συχνά βλέπουμε αστραπές που δε συνοδεύονται από βροντές. Πράγματι, σπάνια ακούμε τη βροντή, όταν απέχουμε περισσότερο από 25Km από τον κεραυνό. Γιατί; Τα 25Km είναι μια απόσταση πραγματικά τόσο μεγάλη για τη διάδοση του ήχου; Σίγουρα όχι· οι κανονιές και οι εκρήξεις ακούγονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 25Km. Γιατί δε συμβαίνει το ίδιο και με τον κεραυνό;

Διάθλαση

1.39

Το υποβρύχιο, που κρύβεται στη σκιά

Τα σόναρς έχουν τόση ισχύ, ώστε θα μπορούσαν να ανακαλύπτουν ακόμη και πολύ απομακρυσμένα υποβρύχια· στην πράξη όμως το «βεληνεκές» τους δεν ξεπερνάει τα λίγα χιλιόμετρα, μειώνεται μάλιστα περισσότερο στις τροπικές θάλασσες.

Περίθλαση

1.40

Η χαραμάδα της πόρτας κι ο θόρυβος

Η πόρτα του δωματίου μου επικοινωνεί μ' ένα θορυβώδες χωλ. Όταν την κλείνω εντελώς, δεν ακούω σχεδόν τίποτα, όταν την ανοίγω διάπλατα ο θόρυβος είναι τόσο δυνατός, που με εμποδίζει να σκεφτώ.

Τι φαντάζεστε όμως ότι συμβαίνει, όταν κλείνω την πόρτα μου αφήνοντας μόνο μια μικρή χαραμάδα; Ακούω ανεπαίσθητα το θόρυβο, όπως, όταν ήταν κλειστή; Όχι! Ο θόρυβος είναι πάλι τόσο έντονος, όσο, όταν την είχα ορθάνοιχτη. Γιατί ένα τόσο μικρό άνοιγμα στην πόρτα δημιουργεί μια τόσο μεγάλη διαφορά στη στάθμη του θορύβου στο δωμάτιό μου;

1.41

*Βόμβος από την ανατροφοδότηση**

Υπήρξε μια περίοδος στην ιστορία του «ροκ εντ ρολ» που γενικεύτηκε η χρήση του φαινόμενου της ηλεκτρονικής ανατροφοδότησης, ώστε να προσφέρει η μουσική ένα άκουσμα ψυχεδελικό. Ένας κιθαριστής έπαιζε απέναντι στο μεγάφωνο, ο ενισχυμένος ήχος του μεγάφωνου διήγειρε την ηλεκτρική κιθάρα και επανενισχυόταν. Μπορούμε να ακούμε τον ίδιο «βόμβο», εάν ένας παρουσιαστής του ραδιοφώνου ακούει το σταθμό του από ένα δέκτη, που είναι κοντά στο μικρόφωνό του.

Και στις δύο περιπτώσεις, ποια είναι η αιτία του «βόμβου»;

** Σ. τ. μ.: Ο όρος αυτός στα αγγλικά είναι feedback.*

Φανταστείτε για παράδειγμα ένα σόναρ κι ένα υποβρύχιο στο ίδιο περίπου βάθος (βλ. εικ. 1.39). Για κάποιο λόγο — με εξαίρεση την απορρόφηση — ο ήχος που εκπέμπει το σόναρ προς το υποβρύχιο, δεν το φτάνει, οπότε και δεν μπορεί να το ανακαλύψει. Λέμε τότε ότι το υποβρύχιο βρίσκεται στη «σκιά» του σόναρ. Ποια είναι η αιτία αυτού του φαινομένου;

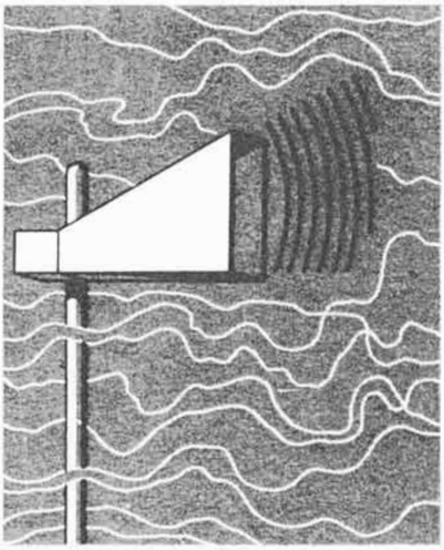


Εικόνα 1.39

Περίθλαση

1.42
Οι σειρήνες της ομίχλης

Οι σειρήνες της ομίχλης σχεδιάζονται έτσι, ώστε να σκορπίζουν τον ήχο τους οριζόντια, σε όσο το δυνατό μεγαλύτερη επιφάνεια και όσο το δυνατό λιγότερο προς τα πάνω. Δε φαίνεται λοιπόν παράξενο, που οι ορθογώνιες σειρήνες στηρίζονται με τη μεγάλη πλευρά του ανοίγματός τους κατακόρυφη; (εικ. 1·42). Δε θα 'πρεπε να τοποθετούνται με τη μεγάλη πλευρά οριζόντια;



Εικόνα 1.42

Περίθλαση

1.43
Ψίθυροι γύρω απ' το κεφάλι

Μπορείτε να ακούτε εξίσου καλά τη φυσιολογική ομιλία ενός φίλου σας, είτε σας κοιτάζει κατάματα, είτε σας έχει γυρίσει την πλάτη του. Γιατί όμως δεν μπορείτε να ακούσετε τους ψιθύρους του παρά μόνο όταν σας κοιτάζει, ακόμη και στην περίπτωση που αυτοί έχουν την ίδια ένταση με την κανονική του φωνή;

Συντονισμός

1.44
Φαινόμενα στην άκρη των ανοιχτών ηχητικών σωλήνων

Γιατί σχηματίζεται κοιλία κίνησης (ή δεσμός πίεσης) σε κάθε άκρο ενός ανοιχτού ηχητικού σωλήνα κατά την ταλάντωση του αέρα, όταν δημιουργείται μέσα σ' αυτόν ένα στάσιμο κύμα; Εφόσον υπάρχει δεσμός κίνησης σε κλειστό άκρο, πρέπει να υπάρχει κοιλία κίνησης σε ανοιχτό.

Η υπόθεση αυτή μπορεί να αποδειχτεί εύκολα; Στην πραγματικότητα η κοιλία δε βρίσκεται ακριβώς στο άκρο του ανοιχτού σωλήνα και η ακριβής θέσης της εξαρτάται από πολλές παραμέτρους του σωλήνα (π.χ. απ' τη διάμετρό του).

Αυτή η απόκληση από τη στοιχειώδη θεωρία επηρεάζει πρακτικά τη χρήση των σωλήνων ενός εκκλησιαστικού όργανου για παράδειγμα;

Ταλαντώσεις σε συντονισμό

1.45
Άρρωστος από υπόηχους

Οι υπόηχοι (οι ήχοι δηλ. με συχνότητα μικρότερη των 2ΟHz, οι οποίοι δεν μπορούν να ακουστούν από τον άνθρωπο) μπορούν να προκαλέσουν ιλίγγους και ναυτίες, μπορούν ακόμη και... να σκοτώσουν. Σήμερα, που οι κίνδυνοι είναι γνωστοί, ανακαλύπτουμε τους υπόηχους σε πολυάριθμες καθημερινές καταστάσεις, όπως για παράδειγμα κοντά στ' αεροπλάνα, στα γρήγορα αυτοκίνητα, στα παράλια των ωκεανών, στις καταιγίδες, στους ανεμοστρόβιλους κ.λ.π. Οι υπόηχοι μπορούν ακόμη να ειδοποιήσουν τα ζώα και μερικά άτομα, που είναι ευαίσθητα σ' αυτούς, για επερχόμενο σεισμό. Γιατί επηρεάζουν οι υπόηχοι μ' αυτόν τον τρόπο τους ανθρώπους και τα ζώα; Ειδικότερα, πώς μπορούν και προκαλούν φαινόμενα, όπως είναι η εσωτερική αιμορραγία;

Ταλαντώσεις

Αντήχηση

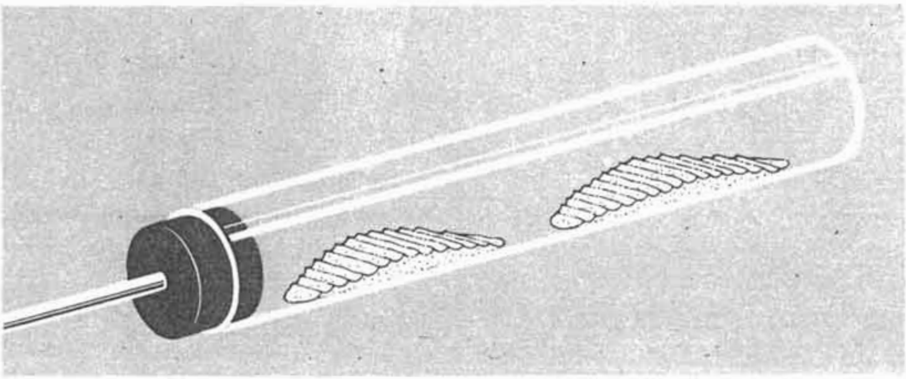
Συντονισμός

1.46
Η θορυβώδης υδραυλική εγκατάσταση

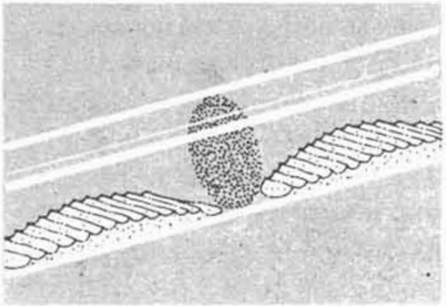
Γιατί μερικές φορές «μουγκρίζουν» οι υδραυλικές εγκαταστάσεις, όταν ανοίγετε ή κλείνετε το διακόπτη του νερού; Από πού προέρχεται ο ήχος; Από το διακόπτη, το σωλήνα που συνδέεται μαζί του, ή από κάποια «γωνιά» που βρίσκεται στο κύκλωμα των σωληνώσεων; Γιατί αυτά τα γουργουρίσματα εξαρτώνται από την παροχή (ρυθμό ροής) του νερού; Γιατί τέλος το φαινόμενο αυτό μπορεί να μειωθεί, όταν προσθέσουμε στο σωλήνα του νερού έναν άλλο κατακόρυφο σωλήνα, που εγκλωβίζει αέρα;

Τυρβώδης κίνηση

Συντονισμός



Εικόνα 1.47α
Όταν τρίβουμε το στέλεχος η σκόνη σχηματίζει λοφάκια με ρυτίδες.



Εικόνα 1.47β
Όταν η δόνηση παράγεται από ένα μεγάφωνο σχηματίζονται λεπτοί δίσκοι σκόνης.

1.47
Ο σωλήνας του Kundt

Ο σωλήνας του Kundt υπήρξε για πολύ καιρό ένα απλό μέσο για επίδειξη των ηχητικών στάσιμων κυμάτων· μπορείτε να εξηγήσετε πώς λειτουργεί; Αποτελείται από έναν μακρύ σωλήνα, που περιέχει λίγη πούδρα. Ο σωλήνας είναι κλειστός στη μία του άκρη, ενώ στην άλλη κλείνεται μ' ένα πώμα, στηριγμένο σε χάλκινο στέλεχος. (εικ. 1.47α) Όταν τρίβουμε το χαλκό με δέρμα καμήλας, που έχει επενδυθεί με σελοφάν, παράγεται οξύς ήχος και επιπλέον η σκόνη συγκεντρώνεται σε περιοδικά λοφάκια, που σχηματίζονται μέσα στο σωλήνα.

Η αιτία αυτής της συσσώρευσης είναι τα στάσιμα κύματα· αλλά πώς; Επιπλέον, αν παρατηρήσουμε προσεχτικά τα λοφάκια της σκόνης, θα αντιληφθούμε πως πάνω σε καθένα απ' αυτά έχει σχηματιστεί μια σειρά από μικρές ρυτιδώσεις. Αν τα στάσιμα κύματα δημιουργούν τα λοφάκια, ποιος δημιουργεί τις ρυτίδες τους;

Αν αντικαταστήσουμε το πώμα μ' ένα μεγάφωνο, που παράγει απλούς ήχους, βλέπουμε ότι σχηματίζονται δίσκοι μεταξύ των λόφων της σκόνης. (εικ. 1.47β). Κάθε δίσκος μοιάζει με πολύ λεπτή μεμβράνη, που εκτείνεται σ' όλη την κάθετη τομή του κυλίνδρου. Ποια είναι η αιτία αυτού του φαινομένου;

Συντονισμός

Αντήχηση

1.48
Ο ήχος της μποτίλιας

Φανταστείτε ότι αδειάζουμε το νερό μιας μποτίλιας. Ο ήχος που παράγει, γίνεται ολοένα και πιο βαρύς. Όταν γεμίζουμε τη μποτίλια, συμβαίνει το αντίθετο. Γιατί;

Συντονισμός

1.49
Ο «βρυχηθμός» των οστράκων

«...Και κείνο το κοχύλι σου
όπου θ' αντηχεί το Αιγαίο»*
Ο. Ελύτη

Γιατί ακούμε τον υπόκωφο βρυχηθμό της θάλασσας μέσα στα όστρακα;

*Σ.τ.Μ: «Ηλικία της γλαυκής θύμησης» από το βιβλίο «Σύγχρονοι ποιητές 2» (Εκδ. Άκμων)

Συντονισμός

Ταλάντωση

1.50
Κραυγές και ψίθυροι

Τι προσδιορίζει το ύψος της φωνής; Γιατί η φωνή των γυναικών είναι οξύτερη απ' αυτήν των αντρών; Πολλά αγόρια περνάνε μια περίοδο, που η φωνή τους αλλάζει. Ποια είναι η αιτία αυτής της αλλαγής; Πώς καταφέρνετε και αλλάζετε την κανονική σας φωνή σε ψίθυρο;

Συντονισμός

1.51

Τραγούδι στο μπάνιο

Γιατί το τραγούδι γίνεται τόσο πολύ «πλούσιο» και «γεμάτο», όταν βρισκόσαστε στο λουτρό;

1.52

Τα «σπασίματα» του τραγουδιστή

Ένας τραγουδιστής όπερας, τραγουδώντας δυνατά και σε υψηλό τόνο, μπορεί να θρυμματίσει ποτήρια της σαμπάνιας. Γιατί τα ποτήρια σπάνε με μία ορισμένη νότα; Γιατί πρέπει να περάσουν μερικά δευτερόλεπτα μέχρι να σπάσουν;

1.53

Τα ουρλιαχτά του αέρα

Σ' όλα τα φιλμς τρόμου τα ουρλιαχτά του αέρα χρησιμεύουν για ηχητική επένδυση στις πράξεις αγωνίας και τρόμου. Πώς παράγει ο αέρας αυτά τα ουρλιαχτά;

Συντονισμός

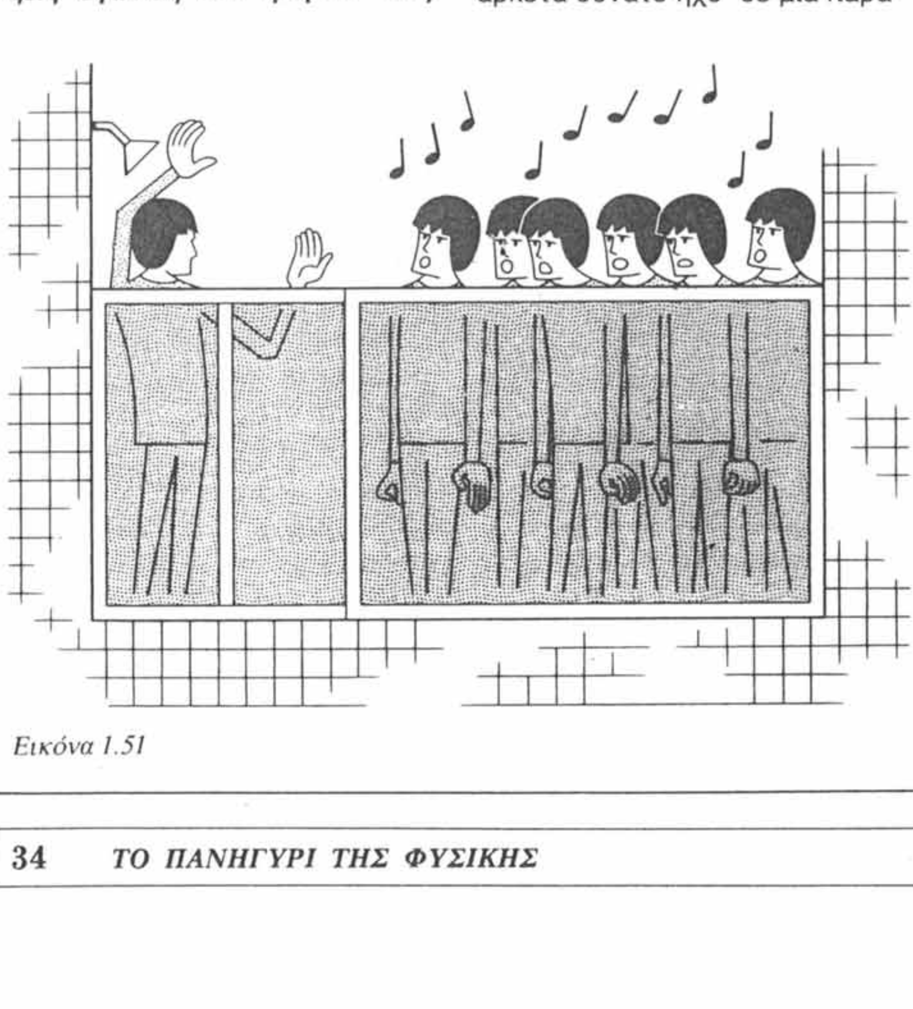
Φαινόμενο Bernoulli

1.54

Το μουσικό ρόπαλο

Στην Αμερική υπάρχει ένα εκπληκτικά απλό παιχνίδι, που λέγεται «Twirl - a - tune», και δεν είναι παρά ένας εύκαμπτος πλαστικός σωλήνας, σαν αυτούς που έχουν οι ηλεκτρικές σκούπες, ανοιχτός και στις δύο του άκρες. Τον κρατάμε από τη μια του άκρη και όταν τον περιστρέφουμε, (βλ. εικ. 1.54) παράγει μουσικό ήχο. Με όσο μεγαλύτερη ταχύτητα τον περιστρέφουμε, τόσο οξύτερος γίνεται ο ήχος. Σημειώστε ότι το πέρασμα από τον ένα τόνο στον άλλο δεν παρουσιάζει συνέχεια αλλά γίνεται με άλματα.

Μια «ορχήστρα» από τέτοιους σωλήνες μπορεί να παράγει ένα αρκετά δυνατό ήχο· σε μια παράσταση μάλιστα, που δόθηκε στην Αγγλία, οι μάγισσες στο έργο «Όνειρο καλοκαιρινής νύχτας» είχαν φτιάξει ορχήστρα σωλήνων και τους στριφογύριζαν για να τονίσουν τις μαγικές τους ικανότητες. Πώς παράγονται αυτοί οι τόνοι και γιατί οι αλλαγές τους είναι ασυνεχείς;



Εικόνα 1.51



Εικόνα 1.54
Ο μουσικός σωλήνας

Θα επιχειρήσετε προφανώς να λύσετε το ερώτημα με αναφορά του κλασικού παραδείγματος των ανοιχτών ηχητικών σωλήνων, το οποίο υπάρχει σ' όλα τα εγχειρίδια Φυσικής.

Στην περίπτωση όμως που διαπραγματευόμαστε, πρέπει πάνω απ' όλα να εξηγήσετε γιατί το εύρος των παραγόμενων συχνοτήτων εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του σωλήνα. Θα βοηθηθείτε να απαντήσετε, αν σκεφτείτε τον τρόπο με τον οποίο κινείται ο αέρας μέσα στο σωλήνα.

Τότε μόνο μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εξήγηση των εγχειριδίων για την εκλεκτική δημιουργία συχνοτήτων στο εσωτερικό του σωλήνα. Επηρεάζουν τη συχνότητα του ήχου οι φυγόκεντρες δυνάμεις, που ενεργούν στο σωλήνα;

Συντονισμός

Σχηματισμός στροβίλων

1.55

Τα καλώδια που σφυρίζουν

Γιατί σφυρίζουν τα σύρματα στις κολόνες του ηλεκτρικού ρεύματος, όταν φυσάει αέρας; Γιατί οι άρπες του Αίολου στην αρχαία Ελλάδα «τραγουδούσαν», όταν είχε αέρα; Ειδικότερα, πρέπει τα σύρματα και οι χορδές να κινούνται, όταν παράγουν τον ήχο; Και, αν ναι, η κίνησή τους γίνεται στο ίδιο επίπεδο με αυτό του αέρα ή κάθετα προς αυτό; Τι προσδιορίζει το ύψος του ήχου, που ακούτε; Υποθέστε ότι πρέπει να παράγετε σφυρίγματα όμοια με αυτά των καλώδιων του ηλεκτρικού, κουνώντας μια τσουγκράνα με λεπτά και μακριά δόντια. Προς ποια κατεύθυνση θα την κουνήσετε, οριζόντια σε σχέση με το επίπεδο των δοντιών ή κάθετα; Δοκιμάστε και τα δύο. Τι προκαλεί τους «αναστεναγμούς» των δέντρων το χειμώνα και τι το «μουρμούρισμα» ενός ολόκληρου δάσους; Όλα τα δέντρα «αναστενάζουν» στον ίδιο τόνο;

Ήχος από στρόβιλους

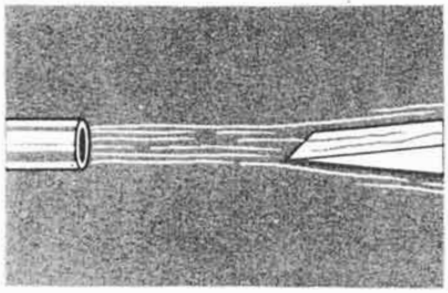
Ανατροφοδότηση

1.56

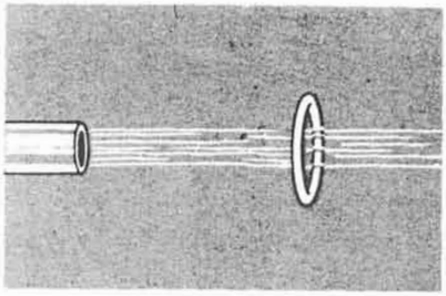
Το σφύριγμα της τσαγιέρας

Και άλλοι τύποι σφυρίγματος μπορούν να παραχθούν από εμπόδια στην κίνηση του αέρα. Για παράδειγμα, μπορούμε να προκαλέσουμε «ήχο ακμής» κατευθύνοντας ρεύμα αέρα σε μια οξεία ακμή σώματος. (βλ. εικ. 1·56α). Με παρόμοιο τρόπο μπορούμε να προκαλέσουμε «ήχο δακτύλιου» βάζοντας ένα δαχτυλίδι στο ρεύμα αέρα (βλ. εικ. 1.56β).

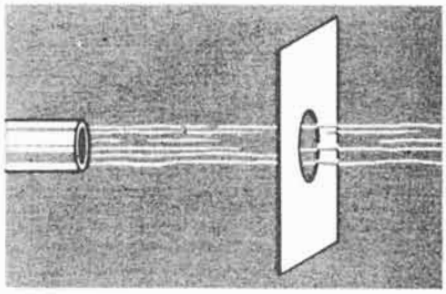
Το πιο συνηθισμένο όμως από τα σφυρίγματα είναι αυτό της τσαγιέρας, όπου ο ατμός παράγει ένα διαπεραστικό ήχο καθώς περνάει από ένα ακροφύσιο και λέγεται «ήχος οπής» (βλ. εικ. 1.56γ). Σε κάθε περίπτωση το σφύριγμα εξαρτάται από το εμπόδιο. Πώς όμως; Ποια είναι η πραγματική αιτία του σφυρίγματος της τσαγιέρας, όταν βράζει το νερό;



Εικόνα 1.56α
Ήχος «αιχμής».



Εικόνα 1.56β
Ήχος «δακτύλιου».



Εικόνα 1.56γ
Ήχος «οπής».

Συντονισμός

Ήχος από στρόβιλους

1.57

Σφυρίζοντας με το μπουκάλι της Coca - Cola

Ένα άλλο είδος σφυρίγματος είναι αυτό που παράγεται, εάν φυσήξετε από το πλάι στο στόμιο ενός μπουκαλιού από αναψυκτικό. Εδώ υπάρχει ένα εμπόδιο, τα χείλη της μπουκάλας, αλλά και μία κοιλότητα μετά απ' αυτό. Τα φλάουτα, οι φλογέρες και οι σωλήνες του εκκλησιαστικού οργάνου αποτελούν παρόμοια παραδείγματα, γιατί παράγουν ήχους με ανάλογο τρόπο. Γιατί αυτές οι διατάξεις παράγουν ορισμένες συχνότητες;

Με άλλα λόγια, με το να ανοιγοκλείνουμε με τα δάχτυλα τις τρύπες στον κορμό του φλάουτου και με τις μεταβολές της πίεσης του αέρα στο στόμιό του, καθορίζουμε τις διάφορες συχνότητες, που μπορεί να παράγει. Πώς ακριβώς όμως;

Στην περίπτωση του μπουκαλιού, το σχήμα του και το μέγεθος του στόμιού του επηρεάζουν τη συχνότητα; Αν γεμίσουμε εν μέρει το μπουκάλι με νερό μπορούμε με τη βοήθεια διαπασών να βρούμε τη συχνότητα συντονισμού του. Αν το γύρουμε λίγο, η μορφή της κοιλότητάς του προφανώς αλλάζει· αλλάζει όμως και η συχνότητα συντονισμού του;

Συντονισμός

1.58
Η σφυρίχτρα του αστυφύλακα

Πώς λειτουργεί η σφυρίχτρα του αστυφύλακα; Όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, έτσι και εδώ υπάρχει ένα οξύ εμπόδιο, στο οποίο προσκρούει ο αέρας και μετά απ' αυτό μια κοιλότητα. Υπάρχει ακόμη ένα μικρό «στραγάλι» μέσα στην κοιλότητα. Πώς βοηθάει το στραγάλι στο σφύριγμα; Γιατί η σφυρίχτρα δε λειτουργεί μέσα στο νερό;

1.59
Σφύριγμα με τα χείλη

Τελικά φτάσαμε στην πιο συνηθισμένη αλλά και πιο δυσεξήγητη σφυρίχτρα, που είναι τα χείλη σας. Πώς λειτουργεί; Μπορείτε να σφυρίξετε μέσα στο νερό;

1.60
Τα χωνιά των φωνογράφων

Θυμάστε τους παλιούς φωνογράφους με τις μανιβέλες και τα τεράστια χωνιά; Γιατί ήταν εφοδιασμένοι μ' αυτά τα χωνιά; Μήπως για να συγκεντρώνουν τον ήχο σε μια ορισμένη κατεύθυνση; Γιατί είχαν το σχήμα αυτό και όχι ενός κυλινδρικού σωλήνα; Ο λόγος είναι ότι, θα ήταν μετριότατη η ηχητική εκπομπή, αν συνδεόταν το διάφραγμα του φωνογράφου απευθείας με τον αέρα του δωματίου, χωρίς δηλαδή τη μεσολάβηση του χωνιού. Τι ακριβώς κάνει λοιπόν το χωνί, που συνδέει το διάφραγμα με τον αέρα του δωματίου;

Ταλάντωση

Ακουστική αντίσταση

Ισχύς

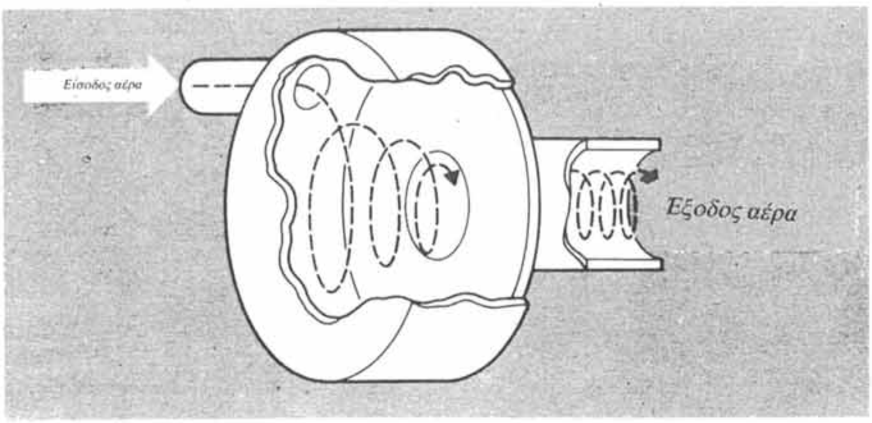
1.62
Τα μεγέθη των γούφερς και τουίτερς

Γιατί το γούφερ (το μεγάφωνο χαμηλών συχνοτήτων) είναι τόσο μεγαλύτερο από το τουίτερ (το μεγάφωνο υψηλών συχνοτήτων) στα περισσότερα ηχεία υψηλής πιστότητας;

Ήχος από στρόβιλους

1.61
Η «σφυρίχτρα στροβιλισμού»

Η «σφυρίχτρα στροβιλισμού» (εικ. 1·61) παράγει ήχο, όταν φυσάτε στο σωλήνα, που εξέχει από την κυλινδρική κοιλότητά της. Φαίνεται ότι οι στρόβιλοι δημιουργούνται στην κοιλότητα και, όταν βγαίνουν από την κεντρική οπή, παράγουν το σφύριγμα. Αντίθετα από τη σφυρίχτρα του αστυφύλακα, η σφυρίχτρα στροβιλισμού παράγει ήχο, που η συχνότητά του εξαρτάται από την πίεση, με την οποία φυσάτε. Έτσι, μπορείτε να παίξετε και μελωδίες μ' αυτήν αυξομειώνοντας την πίεση. Ποια είναι η αιτία του σφυρίγματος και γιατί εξαρτάται η συχνότητα από την πίεση;



Εικόνα 1.61
Η σφυρίχτρα στροβιλισμού. (Από B. Vennegut, J. Acoustical Soc. Amer., 26, 18, 1954)

Σφαιρικά και επίπεδα κύματα

Ένταση και διεύθυνση

Αντίσταση

1.63

Οι «ντουντούκες»

Πώς καταφέρνει το χωνί του τηλεβόα και εκπέμπει τον ήχο ισχυρότερο προς την κατεύθυνση που είναι στραμμένο; Μήπως οι πολλαπλές ανακλάσεις στο εσωτερικό του περιορίζουν τη διασπορά του ήχου; Αυτό φαίνεται βέβαια λογικό, αν όμως συγκρίνουμε τις διαστάσεις του χωνιού με το μήκος κύματος του ήχου, πώς μπορούμε να ισχυριζόμαστε ότι το φαινόμενο της συγκέντρωσης του ήχου οφείλεται στις ανακλάσεις του μέσα στο χωνί;

Αναρωτιόμαστε λοιπόν για δεύτερη φορά, πώς καταφέρνει το χωνί και εκπέμπει τον ήχο ισχυρότερο προς την κατεύθυνση που είναι στραμμένο;



(Από το βιβλίο «Της Πόπης!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

Συνδυασμοί τόνων

Μη γραμμική απόκριση

1.64

«Μπάσα» από μικρά μεγάφωνα

Δεν είναι εκπληκτικό, που μπορούν να αναπαράγουν τους βαριούς ήχους τα τηλέφωνα, τα ακουστικά υψηλής πιστότητας και μικρά ραδιόφωνα – τρανσίστορς (βλ. ερωτ. 1·62); Αν και είναι πολύ μικρά τα μεγάφωνά τους, εντούτοις ακούμε τους βαριούς ήχους. Τα χωνιά τέλος των πρώτων φωνογράφων δε θα έπρεπε να έχουν δυνατότητα αναπαραγωγής χαμηλών συχνοτήτων. Γιατί παρ' όλα αυτά και στις δύο περιπτώσεις ακούμε τις χαμηλές συχνότητες;

Μετατόπιση Doppler

1.65

Αγωνιστικά αυτοκίνητα και οβίδες

Γιατί αλλάζει το ύψος του ήχου, που παράγουν τα αυτοκίνητα της formula 1, καθώς περνούν μπροστά σας με ιλιγγιώδη ταχύτητα; Το μουγκρητό που εκπέμπουν και προς τα μπρος και προς τα πίσω, αναμφίβολα έχει την ίδια συχνότητα. Γιατί λοιπόν; Στο πεδίο της μάχης θα μπορούσατε να καταλάβετε από τον ήχο ότι έρχεται οβίδα και μάλιστα όχι μόνο από την αλλαγή της έντασής του αλλά και από τη αλλαγή του ύψους του. Πώς εξηγείται αυτή η αλλαγή ύψους;

1.66

Τα σόναρς των νυχτερίδων

Για να προσανατολιστούν κατά την πτήση τους και για να συλλάβουν τα έντομα οι περισσότερες νυχτερίδες εκπέμπουν έναν ήχο υψηλής συχνότητας και στη συνέχεια συλλαμβάνουν την ηχώ του. Τι βοήθεια όμως προσφέρει στη νυχτερίδα η ηχώ; Εκπέμπει το ηχητικό κύμα και μετρά το χρόνο, που χρειάζεται για να επιστρέψει, ώστε να υπολογίσει την απόσταση από το αντικείμενο, στο οποίο έγινε η ανάκλαση; Εντοπίζει τη μετατόπιση Doppler (δηλαδή τη μεταβολή συχνότητας) καθώς κινείται αυτή ή το αντικείμενο; Ή τέλος προσδιορίζει τη θέση του αντικείμενου με τριγωνισμό του ανακλώμενου ήχου, όπως περίπου αντιλαμβανόμαστε το βάθος του πεδίου χάρη στη διοφθάλμια όρασή μας; Πιθανότατα να είναι πολυπλοκότερη η εξήγηση αφού τα ηχητικά κύματα, που εκπέμπουν πολλές απ' αυτές, αποτελούνται από πολλές συχνότητες μεταξύ των 20KHz και 15KHz. Πώς μπορεί να χρησιμοποιείται ένα τέτοιο τερέτισμα για τη συλλογή πληροφοριών γύρω από κάποιο αντικείμενο; Τέλος, ποιες είναι οι διαστάσεις του μικρότερου εντόμου, που μπορεί να εντοπίσει μια νυχτερίδα, χρησιμοποιώντας ηχητικό κύμα σταθερής συχνότητας 20KHz;

Κίνηση Brown

1.67

Ακούστε την κίνηση Brown

Το γεγονός ότι ακούμε, οφείλεται στις μεταβολές της πίεσης, έτσι δεν είναι; Ο αέρας συνεπώς που περιβάλλει το τύμπανο του αυτιού μας, είναι δέκτης αέναων μεταβολών πίεσης. Γιατί όμως, δεν τις ακούμε; Δε θα 'πρεπε λογικά ν' ακούμε ένα ασταμάτητο βουητό;

Ακουστική ισχύς

Λόγος σήματος - θορύβου

1.68

Όταν οι αστυφύλακες σταματούν τη γιορτή

Μερικά «κοκτέιλ πάρτυ» κυλούν με ησυχία, σε άλλα αντίθετα επικρατεί ατμόσφαιρα θορυβώδης. Μπορείτε να υπολογίσετε τον κρίσιμο αριθμό καλεσμένων που, αν τον ξεπεράσετε, η γιορτή γίνεται οπωσδήποτε θορυβώδης; Μπορείτε να θεωρήσετε ως όριο τη στιγμή που ο διάχυτος θόρυβος είναι εξίσου ισχυρός στο αυτί του συνομιλητή σας με τη φωνή σας.

Υποθέστε ότι οι καλεσμένοι σας ανακαλούνται στην τάξη και στη συνέχεια τους επιτρέπεται να ξαναρχίσουν τις συζητήσεις τους.

Πόσος χρόνος θα περάσει, μέχρι να γίνει πάλι η γιορτή θορυβώδης;

1.69

Το φαινόμενο του «κοκτέιλ πάρτυ»

Πώς μπορείτε να «ξεχωρίσετε» τα λόγια κάποιου, όταν υπάρχει πολύς διάχυτος θόρυβος;

Εάν μαγνητοφωνήσετε την ομιλία ενός φίλου σας κατά τη διάρκεια μιας θορυβώδους δεξίωσης, είναι πολύ πιθανό να μην μπορείτε να τον ακούσετε στην μαγνητοταινία και ακόμη περισσότερο να μην καταλαβαίνετε τι λέει. Γιατί υπάρχει αυτή η διαφορά μεταξύ του ζωντανού ακούσματος και της μαγνητοταινίας;

Ακουστική αγωγιμότητα

1.70

Αυτομαγνητοφώνηση

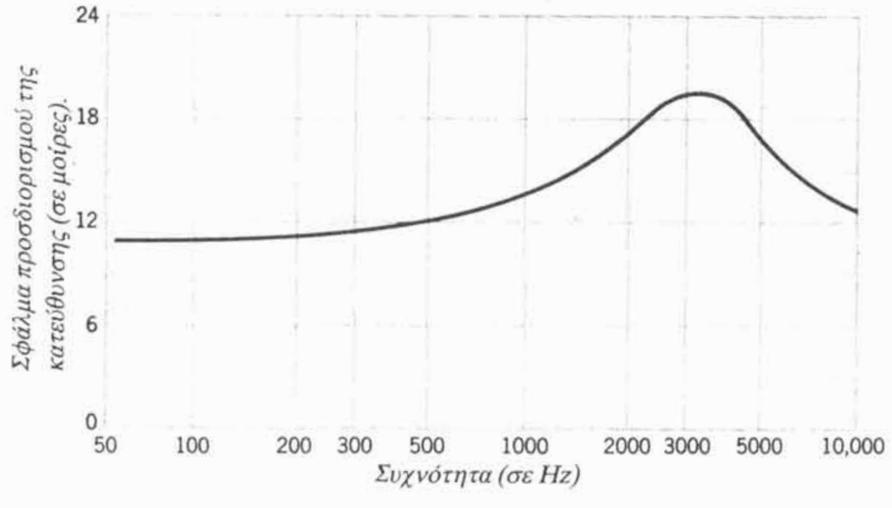
Έχετε μαγνητοφωνήσει ποτέ τη φωνή σας; Είναι πολύ πιθανό να σας φάνηκε λεπτότερη, ακούγοντάς την στο μαγνητόφωνο. Αντίθετα, αν μαγνητοφωνήσετε και ακούσετε τις φωνές άλλων, θα σας φανούν φυσικές. Με τη δική σας φωνή δε συμβαίνει το ίδιο. Τι να συμβαίνει άραγε;

1.71

Ανακαλύπτοντας τη διεύθυνση του ήχου

Ο λόγος, που μπορείτε να προσδιορίσετε τη διεύθυνση διάδοσης ενός ήχου, είναι ότι έχετε δυο αυτιά και όχι ένα. Εάν μετρήσετε την ικανότητά σας να προσδιορίζετε τη διεύθυνση διάδοσης ενός απλού ήχου σε συνάρτηση με τη συχνότητά του, θα διαπιστώσετε ότι ουσιαστικά είναι σταθερή, εκτός της περιοχής μεταξύ των 2KHz και 4KHz. (εικ. 1.72). Η ικανότητά σας αυτή σχετικά με τον προσδιορισμό της διεύθυνσης εξασθενεί στην παραπάνω περιοχή· αυξάνει όμως σε υψηλότερες και χαμηλότερες συχνότητες. Γιατί;





Εικόνα 1.71

1.72
Θόρυβος των πυραύλων V - 2

Εάν σας βομβάρδιζαν με οβίδες, πρώτα θα ακούγατε το ουρλιαχτό κάθε μιας, καθώς θα σας πλησίαζε, στη συνέχεια την έκρηξή της στο έδαφος και τέλος την εκπυρσοκρότηση του κανονιού.

Όταν βομβαρδιζόταν όμως το Λονδίνο με πυραύλους V - 2 κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου, οι δύο πρώτοι ήχοι ακούγονταν με την αντίθετη σειρά· δηλαδή πρώτα η έκρηξη και μετά το σφύριγμα του πυραύλου. Γιατί υπήρχε αυτή η διαφορά;

Κρουστικά κύματα

Διάθλαση

1.73
Υπερηχητικές εκρήξεις

Ποια είναι η αιτία του εκκωφαντικού θορύβου, που παράγουν τα υπερηχητικά αεροπλάνα; Ο θόρυβος αυτός παράγεται μόνο όταν το αεροπλάνο ξεπερνά το φράγμα του ήχου; Εξαρτάται από το θόρυβο της μηχανής του ή από το ύψος, που πετά; Μερικές φορές ακούγονται δυο διαδοχικοί θόρυβοι του είδους αυτού. Γιατί όμως δύο; Και γιατί όχι πάντα δύο; Έχει σημασία αν το αεροπλάνο ανεβαίνει, βουτάει ή στρίβει; Κάτω από ορισμένες συνθήκες το αεροπλάνο μπορεί να παράγει έναν «υπερθόρυβο» δηλαδή ένα ιδιαίτερα ισχυρό κρουστικό κύμα. Κάτω από άλλες συνθήκες παράγει πάλι θόρυβο, ο οποίος ποτέ δεν φτάνει στο έδαφος. Τι είναι πιθανό να συμβαίνει;

Κρουστικό κύμα

Ανάκλαση

1.74
Οι βροντές

Όταν ήμουν παιδί, άκουγα από τη μητέρα μου ότι είχαν κάποια σχέση οι βροντές με τις αστραπές και τους κεραυνούς. Πώς παράγεται η βροντή και γιατί δε γίνεται αντιληπτή τόσο γρήγορα, όσο η αστραπή ή ο κεραυνός; Παράγεται πάντα, όταν ξεσπούν αστραπές;

Διάβασα ότι, εάν βρίσκεστε σε απόσταση μικρότερη των 30 μέτρων από το σημείο που πέφτει ο κεραυνός, θα ακούσετε ένα «κλικ», μετά ένα «κλακ» (σαν το πλατάγισμα του μαστίγιου) και τέλος το βουητό. Τι προκαλεί αυτούς τους ήχους; Αν στεκόσαστε λίγο μακρύτερα, θ' ακούσετε ένα σφύριγμα και όχι «κλικ». Γιατί;

Διάδοση του ήχου

Απόσβεση

1.75
Ακούγοντας το σέλας και τις παγωμένες λέξεις

Είναι δυνατό να ακούσουμε το πολικό σέλας; (βλ. και ερ. 6.30). Υπάρχουν μαρτυρίες, που μιλάνε για τριξίματα και τσιρίσματα — όπως όταν καίγεται ξερό χόρτο – τα οποία συνοδεύουν τις μεταβολές της έντασης του φωτός κατά το πολικό σέλας. Αν και είναι δύσκολο να φανταστούμε πώς ένας ήχος, που παράγεται σε τόσο μεγάλο ύψος (περισσότερο από 70km), μπορεί και φτάνει στο έδαφος με σημαντική ένταση

(παρά την απόσβεσή του εξαιτίας μιας τόσο μεγάλης διαδρομής), τελευταία δόθηκε κάποια εξήγηση: τα ηλεκτρόνια του σέλαος διεγείρουν αυτά που ονομάζουμε ακουστικά κύματα του πλάσματος, τα οποία με τη σειρά τους παράγουν συνήθη ηχητικά κύματα. Ανεξάρτητα όμως από το μηχανισμό που παράγει αυτούς τους ήχους, είναι δυνατό να τους ακούμε, αφού παράγονται σε τόσο μεγάλο ύψος; Τι ακριβώς συμβαίνει με την ένταση του ήχου, καθώς διαδίδεται προς το έδαφος μέσα από την ατμόσφαιρα; Σύμφωνα με μιαν άλλη ενδιαφέρουσα εξήγηση, αυτό που ακούμε, δεν είναι παρά η ίδια η ανάσα μας, καθώς παγώνει στον κρύο αέρα. (εικ. 1.75). Συγκεκριμένα, όταν ο αέρας είναι πολύ κρύος και ήρεμος, μπορούμε να ακούσουμε τις κρούσεις των παγοκρυστάλλων, που σχηματίζονται από την ανάσα μας.

Αν είναι έτσι, πόσο κρύος πρέπει να είναι ο αέρας, ώστε να συμβαίνει αυτό;



Εικόνα 1.75

1.76
Σκιές στα σύννεφα

Κατά τη διάρκεια των μαχών, που γίνανε κοντά στη γραμμή Siegfried στο Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, οι Αμερικάνοι παρατηρούσαν σκιές, που μετατοπίζονταν πάνω στα άσπρα σύννεφα. Αυτές οι σκιές είχαν σχήμα τόξων κύκλου, που τα κέντρα τους βρίσκονταν στη μεριά των Γερμανών.

Η αιτία φαίνεται ότι ήταν το βαρύ Γερμανικό Πυροβολικό. Τι δημιουργούσε αυτές τις σκιές; Έπρεπε να εμφανίζονταν μεμονωμένες ή σε ζευγάρια; Τέλος, ήταν αναγκαία η ύπαρξη της οθόνης των σύννεφων;

1.77
Το πλατάγισμα του μαστίγιου

Τι προκαλεί τον ήχο, που παράγει το μαστίγιο; Προσπαθήστε να τεκμηριώσετε κάθε εικασία σας με πρόχειρους υπολογισμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2


ΚΑΦΕΝΕΙΟΝ
Η ΕΛΛΑΣ
ΤΖΙΜΗΣ ...
Ο ΤΙΓΡΗΣ ...
Η ΓΟΡΓΟΝΑ ΚΑΙ ΟΙ
ΜΑΓΚΕΣ
Γ. ΚΑΡΑΜΕΤΟΣ

"το πήδημα θανάτου
δυο δραχμές,
ποιος θα το δει...
περάστε κόσμε..."

* «1950» από το «Χρονικό» του Γ. Μαρκόπουλου σε στίχους Κ. Μύρη

Κινηματική και Δυναμική υλικού σημείου. (2.1 έως 2.18)

Δύναμη - εξίσωση της κίνησης -

μετατόπιση - ενέργεια - ταχύτητα -

ορμή - επιτάχυνση -

ενεργός διατομή - ροή.

2.1

Τρέχουμε ή περπατάμε, όταν βρέχει;

«...κι όταν στην πόλη
κατεβεί το βράδυ
κι αρχίσει ατέλειωτη
η γριά βροχή...»*

Δ. Σαββόπουλος

Περπατώντας ή τρέχοντας θα προτιμούσατε να διασχίσετε ένα δρόμο, χωρίς ομπρέλα την ώρα της βροχής; Αν τρέξετε, ήσαστε λιγότερο χρόνο εκτεθειμένοι στη βροχή, μπορεί όμως να φτάσετε απέναντι πιο μουσκεμένοι παρά αν περπατούσατε. Απαντήστε σε γενικές γραμμές στηρίζοντας τον υπολογισμό σας στην προϋπόθεση οτι το σώμα σας έχει ορθογώνιο σχήμα. Με το σκεπτικό αυτό, η απάντησή σας (τρέξιμο ή περπάτημα) εξαρτάται από την κάθετη ή πλάγια πτώση της βροχής;

*Σ.τ.Μ: «Τα πουλιά της δυστυχίας» από τη συλλογή «Τα λόγια από τα τραγούδια» (Εκδ. Ίκαρος)

2.2

Για να μη χάνετε τις ψηλοκρεμαστές μπαλιές.

**«...στα γκωλ-ποστ!
στα γκωλ-ποστ!
άγρυπνοι - ακοίμητοι φρουροί
- πανέτοιμοι
το μάτι εδώ εκεί να γρηγορούμε
πριν αρχινίσουνε να πέφτουνε τα
τέρματα βροχή
και ηττηθούμε»***

Ν. Εγγονόπουλος

Σ' έναν ποδοσφαιρικό αγώνα, αν κλωτσήσει κάποιος ψηλοκρεμαστά την μπάλα προς το μέρος του γηπέδου, που βρίσκεστε, δύο είναι οι πιθανοί τρόποι αντίδρασής σας: α. Να τρέξετε στη σωστή θέση και να περιμένετε την μπάλα. β. Να τρέξετε με τέτοια ταχύτητα, ώστε να συναντηθείτε με την μπάλα τη στιγμή ακριβώς, που θα πέφτει στο γήπεδο. Στην πρώτη περίπτωση, πώς προβλέψατε πού θα πέσει, και στη δεύτερη, πώς υπολογίσατε την ταχύτητα, που αναπτύξατε, ώστε να φτάσετε στο ίδιο σημείο και ταυτόχρονα μ' αυτήν; Η εμπειρία σας αναμφίβολα θα αποτελέσει σημαντικό παράγοντα, καλό όμως είναι να γνωρίζετε και τους νόμους της Φυσικής, που καθορίζουν την κίνηση της μπάλας. Ποιός σας υποδεικνύει σε ποια θέση και με ποια ταχύτητα πρέπει να τρέξετε;

***Σ.τ.Μ: «Τα γκωλ - ποστ» από τη συλλογή «Στην κοιλάδα με τους ροδώνες» (Εκδ. Ίκαρος)**

2.3

Προσοχή στο κίτρινο.

Κάθε οδηγός αντιμετωπίζει συχνά το δίλημμα, όταν φτάνει στο φανάρι, την ώρα που ανάβει το κίτρινο, αν πρέπει να σταματήσει ή να αναπτύξει ταχύτητα. Η προαίσθηση για τη σωστή αντίδραση είναι βασισμένη σε πολλές εμπειρίες και λάθη, οι υπολογι-



(Από το «Ελλάδα Ελλαδάρα μας!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

σμοί ωστόσο πείθουν ότι υπάρχουν περιπτώσεις, που η προαίσθηση δε βοηθά καθόλου.

Αν έχουν δοθεί οι τιμές για τη διάρκεια που ανάβει το κίτρινο, και το πλάτος της διασταύρωσης, ποιος συνδυασμός ταχύτητας και απόστασης από τη διασταύρωση σας υποχρεώνει να σταματήσετε, ώστε να μην περάσετε με κόκκινο; Ποιες τιμές ταχυτήτων και αποστάσεων από τη διασταύρωση σας επιτρέπουν να περάσετε έγκαιρα; Σημειωτέο ότι ορισμένες τιμές των παραμέτρων αυτών σας δίνουν τη δυνατότητα ή να φρενάρετε ή να συνεχίσετε την πορεία σας.

Υπάρχει όμως και μια περιοχή τιμών, που σας απαγορεύει και τις δύο περιπτώσεις, οπότε θα ριψοκινδυνεύσετε πολύ.

καιρο σταμάτημα και πρέπει να στρίψετε, αξίζει τον κόπο να το επιχειρήσετε ή θα χάσετε τη ζωή σας πριν την ώρα σας;

Αν συναντούσατε στο δρόμο σας ένα μεγάλο εμπόδιο θα προτιμούσατε να σταματήσετε επί τόπου ή θα προσπαθούσατε να το παρακάμψετε; Η απάντηση βέβαια εξαρτάται απο το μήκος του εμποδίου.

Μην απαντήσετε βιαστικά στις ερωτήσεις που τέθηκαν, ακόμα και αν είστε πολύ έμπειρος οδηγός· η προαίσθησή σας μπορεί να είναι λανθασμένη, οπότε και οι ερωτήσεις γίνονται πολύ πιο ουσιαστικές.

2.4

Φρενάρουμε ή στρίβουμε, όταν συναντήσουμε το θάνατο;

Είναι λίγο δύσκολο να αποκτήσει κανείς φοβερότερη εμπειρία από το να δει το χάρο με τα ίδια του τα μάτια.

Φανταστείτε, ας πούμε, οτι οδηγείτε το αυτοκίνητό σας και βλέπετε ξαφνικά μπροστά σας έναν τουβλότοιχο, σχήματος Τ, στο τέλος μιάς διασταύρωσης (εικ.2.4). Τι θα κάνετε; Θα στρίψετε χωρίς να κόψετε ταχύτητα ή θα στρίψετε φρενάροντας ταυτόχρονα μ' όλη σας τη δύναμη; Προβληματιστείτε στα παραπάνω ερωτήματα κλιμακωτά.

Αρχικά ας κάνουμε την υπόθεση ότι θα σωθείτε, καταφέρνοντας να σταματήσετε το αυτοκίνητο έγκαιρα, φρενάροντας, χωρίς να χρειαστεί να στρίψετε. Αν στρίψετε θα εξασφαλίσετε το ίδιο αποτέλεσμα; Αρχική επιθυμία σας θα ήταν μάλλον να μελετήσετε το πρόβλημα κάτω απο ιδανικές συνθήκες.

Στη συνέχεια όμως, για να σιγουρευτείτε, θα ήταν φρόνιμο να υπολογίσετε τις πιθανότητες για ντεραπάρισμα, τη διαφορά στην οδική συμπεριφορά ανάμεσα στους μπροστινούς και τους πίσω τροχούς και ακόμη την πιθανότητα χαλασμένων φρένων.

Αν πάλι είναι αδύνατο το έγ-



Εικόνα 2.4
Πρέπει να στρίψουμε ή να σταματήσουμε;

2.5

Το μυστικό ενός παίχτη του γκολφ.

Με ποια κίνηση θα καταφέρετε να χτυπήσει το μπαστούνι του γκολφ την μπάλα, ώστε να αναπτύξει αυτή, τη μεγίστη δυνατή ταχύτητα; Πολλοί παίχτες του γκολφ περιβάλλουν με πέπλο μυστηρίου το πρόβλημα αυτό, λίγη Φυσική όμως μπορεί να βοηθήσει στην εξέτασή του.

Ποια πρέπει να είναι, η αρχική γωνία, που σχηματίζεται την ώρα του χτυπήματος; Ποια στιγμή πρέπει να χαλαρώσετε τους καρπούς των χεριών σας; Το μπαστούνι, τα χέρια και η μπάλα πρέπει να βρίσκονται στην ίδια ευθεία, τη στιγμή που θα γίνει η επαφή με την μπάλα;

Μεταφορά ορμής.

Κίνηση του κέντρου μάζας.

2.6
Το φασόλι άλτης.

Τα φασόλια άλτες, εκεί που βρίσκονται ακίνητα στο χέρι σας, ξαφνικά πηδούν στον αέρα ανά σταθερά χρονικά διαστήματα. Πώς γίνεται και πηδούν;

Μπορείτε να πείσετε κάποιον ότι παραβιάζεται η αρχή διατήρησης της ορμής;

2.7
Άλματα.

Ποιο είναι άραγε το ρεκόρ σας στο ύψος; Μπορείτε να το υπολογίσετε; Θα μπορούσατε να πηδήξετε πιο ψηλά, αν τα πόδια σας ήταν πιο μακριά; Υπάρχει κάποια αρχική θέση ή ταλάντωση των χεριών σας, που επιτρέπει να πηδήξετε πιο ψηλά; Ποιο είναι το ρεκόρ σας στο άλμα σε μήκος;

Μερικοί αθλητές κάνουν πεταλιές στον αέρα, την ώρα που πηδούν· είναι άραγε αποτελεσματικό; Ποια γωνία πρέπει να σχηματιστεί, τη στιγμή που απογειώνεστε;

Η γωνία 45° μεγιστοποιεί το βεληνεκές ενός βλήματος; Γιατί οι άλτες του μήκους και του επί κοντώ παίρνουν μεγάλη φόρα, ενώ αυτοί του ύψους πλησιάζουν τον πήχη πιο αργά; Δε θα 'πρεπε όλοι τους να αποκτούν τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα, πριν εγκαταλείψουν το έδαφος;

Η επίδοσή σας στο άλμα σε ύψος και στο άλμα σε μήκος είναι τόση στην ακροθαλασσιά όση και στο βουνό; Αν το υψόμετρο επηρεάζει την επίδοση, τότε πρέπει να το υπολογίζουμε, όταν συγκρίνουμε επιδόσεις, που έγιναν σε διαφορετικά υψόμετρα;

Κρούσεις - Ώθηση.

2.8
Χτυπήματα καράτε.

Όταν μάθαινα καράτε, εξασκήθηκα ώστε το χτύπημα, που κατάφερνα στο σώμα του αντιπάλου μου, να μην προχωρεί σε βάθος αλλά λίγα μόνο εκατοστά. Αντίθετα στους συνηθισμένους τσακωμούς του δρόμου το χτύπημα εισχωρεί πολύ πιο βαθιά. Ποια από τις δύο τεχνικές προκαλεί σοβαρότερες ζημιές; Υπολογίζοντας πρόχειρα, μπορείτε να αποδείξετε πώς ένας αθλητής του καράτε μπορεί να σπάσει μ' ένα χτύπημα ένα ξύλινο δοκάρι ή ένα τούβλο ή ένα ανθρώπινο κόκκαλο;

2.9
Σφυριά.

Βαρύ ή ελαφρύ σφυρί πρέπει να χρησιμοποιεί ο γλύπτης για να χτυπήσει τη σμίλη; Τι σφυρί θα χρησιμοποιήσετε για να καρφώσετε ένα καρφί; Πότε θα προτιμήσετε το χτύπημα να είναι ελαστικό (να αναπηδά δηλαδή το σφυρί) και πότε ανελαστικό;

Κίνηση του κέντρου μάζας.

2.10
Η πηδηχτή καρέκλα.

Το κέντρο μάζας ενός σώματος μετατοπίζεται, μόνο όταν εφαρμοστεί πάνω του μια εξωτερική δύναμη. Κι όμως μπορείτε να διασχίσετε ένα δωμάτιο καθισμένος σε μια καρέκλα, χωρίς να ακουμπήσετε τα πόδια σας στο έδαφος. Εάν όλες οι κινήσεις του σώματός σας είναι εσωτερικές δυνάμεις, ποιες είναι οι εξωτερικές;

Ισχύς.

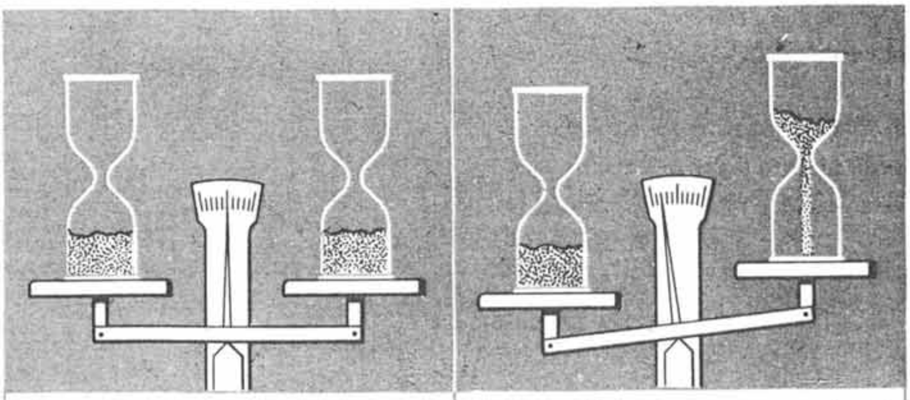
Ενέργεια.

2.11
Το γιγανταιώρημα του «αλτήρα».

Υπάρχει ένα έντομο, ο αλτήρας ή σαλταπίγκος στη γλώσσα του λαού που, αν τον πειράξετε, όταν είναι ανάσκελα, πηδάει στον αέρα φτάνοντας τα 25cm και βγάζει ένα χαρακτηριστικό ήχο, κάτι σαν πλατάγιασμα. Και τι μ' αυτό; Θα πείτε· κι όμως το έντομο ωθείται προς τα πάνω με μια αρχική επιτάχυνση 400g*, χωρίς να χρησιμοποιήσει τα πόδια του· στη συνέχεια γυρνάει στον αέρα ώστε να προσγειωθεί με τα πόδια. 400g*. Το καταπληκτικό πάντως είναι οτι η αναγκαία ισχύς για μια τέτοια επιτάχυνση, είναι εκατό φορές μεγαλύτερη απο εκείνην που παράγει ένας μυς. Πώς αναπτύσσει το έντομο την κολοσσιαία αυτή ισχύ; Με ποια συχνότητα μπορεί να επαναλάβει ο αλτήρας το καταπληκτικό κατόρθωμά του; Η συχνότητα αυτή από ποιον παράγοντα καθορίζεται;

*Σ.Τ.Μ: g: επιτάχυνση βαρύτητας περίπου ίση με 10 m/sec^2

Βάρος.	Πίεση.
Μεταφορά ορμής.	Δύναμη.



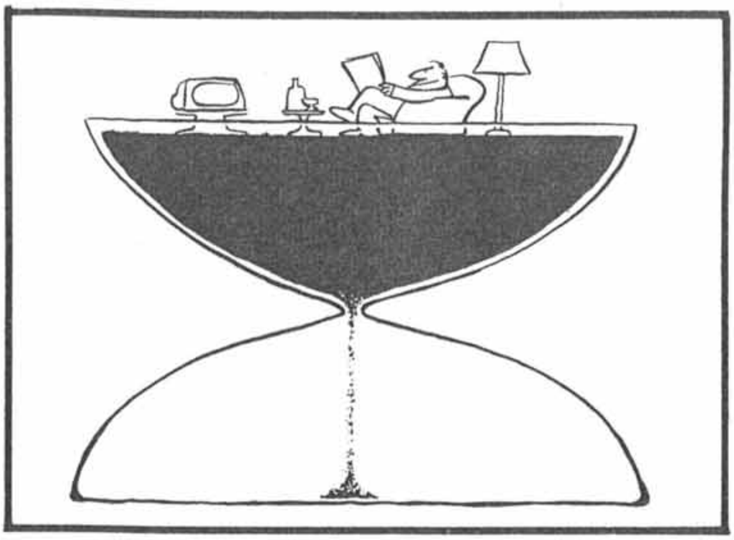
Οι κλεψύδρες ισορροπούν τη ζυγαριά.	*Αν αναποδογυρίσετε τη μια κλεψύδρα θα ζυγίζει λιγότερο;*

Εικόνα 2.12
Το βάρος μιας κλεψύδρας.

2.12

Το βάρος του χρόνου ή η κλεψύδρα, που φροντίζει τη σιλουέτα της.

Το βάρος μιας κλεψύδρας εξαρτάται από τη ροή της άμμου που περιέχει; Αν ένα μέρος της άμμου εκτελεί ελεύθερη πτώση το βάρος της κλεψύδρας μειώνεται;



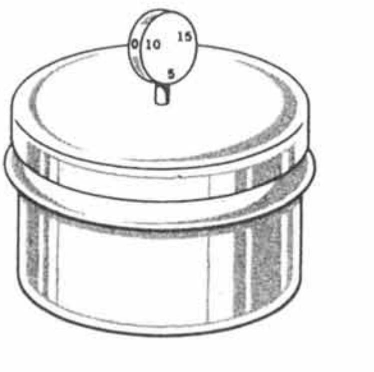
(Από το βιβλίο «Της κουλτούρας» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

2.13

Ο ρυθμιστής πιέσεως.

Έχετε χρησιμοποιήσει ποτέ χύτρα ταχύτητος; Στο καπάκι της δικιάς μου υπάρχει ένα σωληνάκι, που ρυθμίζει μ' έναν ορισμένο τρόπο την πίεση. Υπάρχουν τρία ακροφύσια διαφορετικής διατομής ανοιγμένα στον κορμό του κυλίνδρου. Διαλέγω την πίεση βάζοντας το σωληνάκι, που βγαίνει απο το καπάκι της χύτρας,στο κατάλληλο ακροφύσιο. (εικ. 2.13).

Πώς λειτουργεί; Ο ατμός της χύτρας πρέπει να σηκώσει ολόκληρο τον κύλινδρο, ανεξάρτητα απο το ακροφύσιο που έχω διαλέξει. Γιατί όμως πετυχαίνω διαφορετικές πιέσεις χρησιμοποιώντας διαφορετικά ακροφύσια;



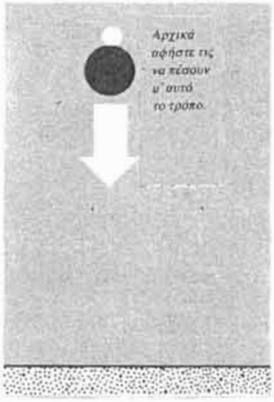
Εικόνα 2.13
Ρυθμιστής πιέσεως.

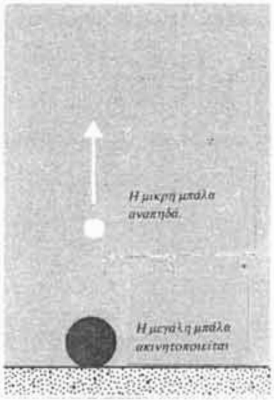
2.14
Η διαβολόμπαλα με τις δολοφονικές διαθέσεις.

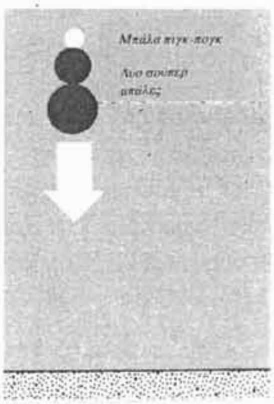
Εαν αφήσουμε να πέσουν δύο σουπερμπάλες*, μια μικρή και μια μεγάλη, η μια πάνω στην άλλη, η μικρή θα αναπηδήσει, όταν ακουμπήσουν και οι δυο στο έδαφος. (εικ. 14α).

Εαν η μικρή μπάλα έχει κατάλληλη μάζα, η μεγάλη θα ακινητοποιηθεί, ενώ η άλλη θα αναπηδήσει 9 φορές πιο ψηλά απο το ύψος που ξεκίνησε.

Μπορούμε επίσης να τοποθετήσουμε απανωτά μια μεγάλη, μια μικρή κι' ένα μπαλάκι του πινγκ-πονγκ, όπως φαίνονται στην εικ. 2.14β. Εαν οι μπάλες διαλεχτούν κατάλληλα, τότε η μπάλα του πινγκ-πονγκ θα αναπηδήσει 50 φορές περισσότερο απο το αρχικό της ύψος.







***Σ.Τ.Μ: Είναι μία μπάλα από αφρώδες πλαστικό που κατασκευάζεται στις ΗΠΑ**

Εικόνα 2.14
Πως αναπηδούν μερικές διαβολόμπαλες που αφήνονται ταυτόχρονα.

Τριβή.
(2.15 έως 2.18)

2.15
Μπλοκαρισμένα φρένα.

Εάν πρέπει να σταματήσετε ακαριαία, είναι προτιμότερο να «σανιδώσετε» το φρένο, για να μπλοκάρετε τους τροχούς;

2.16
Λάστιχα πλατιά και λεία.

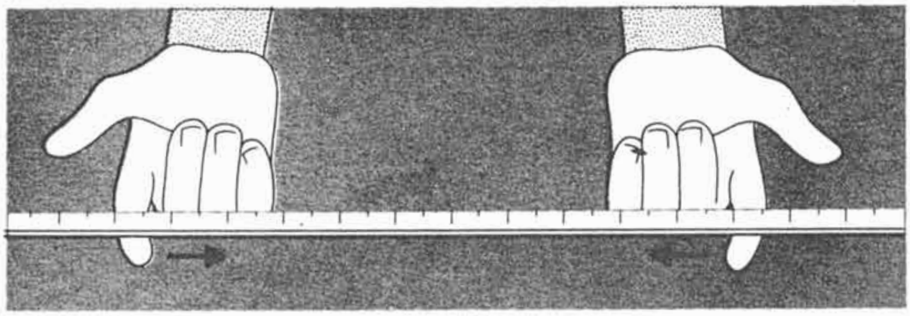
Αν είχατε να διαλέξετε ανάμεσα σε λάστιχα χωρίς αυλάκια, τι θα προτιμούσατε φαρδιά ή στενά; Ποια απο τα δύο θα εξασφάλιζαν καλύτερο φρενάρισμα; Στους αγώνες των «dragsters» τα πίσω λάστιχα είναι φαρδιά. Γιατί;

Έργο.

Ισχύς.

2.17
Η τριβή και οι κούρσες των «dragsters».

Σ' έναν αγώνα «dragsters» εκτιμούν δύο πράγματα: την τελική ταχύτητα και τον ολικό χρόνο για διάστημα 400m. Για να βελτιώσουν την πρόσφυση των τροχών στο έδαφος, ρίχνουν ένα κολλητικό υγρό κάτω από τις πίσω ρόδες, πριν δοθεί το σήμα εκκίνησης. Η αύξηση της πρόσφυσης των τροχών φαίνεται ότι επηρεάζει το χρόνο της κούρσας, όμως δεν επιδρά στην τελική ταχύτητα. Γιατί;



Εικόνα 2.18
Γλυστρήστε τα δάχτυλά σας που στηρίζουν το χάρακα.

2.18
Ο χάρακας χέλι.

Κρατήστε οριζόντια έναν ξύλινο μακρύ χάρακα με τους δύο δείχτες σας και γλιστρήστε σιγά - σιγά και συγχρόνως τα δύο σας δάχτυλα (εικ. 2.18)

Ο χάρακας γλιστράει χωρίς διακοπές στα δάκτυλά σας; Όχι, γλιστράει πρώτα στο ένα δάχτυλο, μετά στο άλλο και έτσι συνεχίζει. Γιατί συμβαίνει αυτό το πήγαινε - έλα;

Στροφική κινηματική και δυναμική. (2.19 έως 2.51)

Περιστροφική κίνηση.

Ροπή - Στροφορμή.

Ροπή αδράνειας.

Ενέργεια περιστροφής.

2.19
Επιτάχυνση και φρενάρισμα πάνω στη στροφή.

Γιατί είναι επικίνδυνο να φρενάρετε πάνω σε στροφή;

Ας υποθέσουμε ότι, παίρνοντας τη στροφή, διαπιστώνετε ότι έχετε μεγάλη ταχύτητα. Τι θα συμβεί, αν φρενάρετε απότομα; Οι πιλότοι αγωνιστικών αυτοκινήτων επιταχύνουν, όταν αφήνουν τη στροφή και όχι όταν μπαίνουν. Γιατί;

Τριβή.

Ροπές.

2.20
Το ξεκίνημα του αυτοκινήτου.

Διαφέρουν πολύ οι απόψεις για τον καλύτερο τρόπο ξεκινήματος ενός αυτοκινήτου πάνω σε ολισθηρό δρόμο. Μερικοί βεβαιώνουν πως πρέπει να ξεκινήσετε με την πρώτη ταχύτητα και άλλοι επιμένουν πως πρέπει να βάλετε μεγαλύτερη. Γιατί έχει σημασία (έστω και μερική) η επιλογή ταχύτητας; Τι χρειάζεται το αυτοκίνητο για να ξεκινήσει; Γιατί το ξεκίνημα πρέπει να γίνεται με μικρή ταχύτητα; Τι πλεονέκτημα έχει μια ορισμένη ταχύτητα του κιβωτίου σε σχέση με τις άλλες; Πρέπει να εξηγήσετε με ποιο τρόπο η ροπή, που εφαρμόζεται στους τροχούς σας, εξαρτάται απο το γρανάζι της ταχύτητας. Ακόμα πρέπει να αποφασίσετε σε ποιες περιπτώσεις έχετε ανάγκη απο μεγαλύτερη ή μικρότερη ροπή.

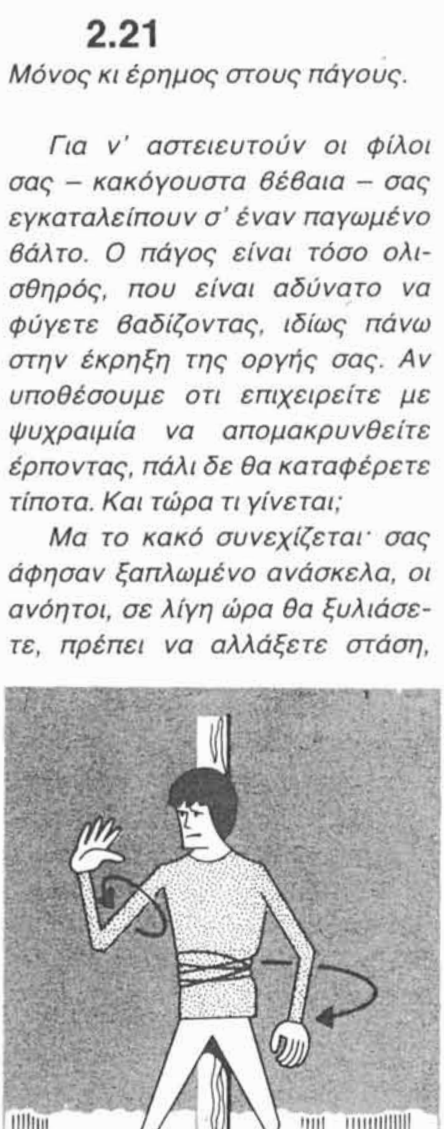
Διατήρηση ορμής και στροφορμής.

Δράση - αντίδραση.

2.21
Μόνος κι έρημος στους πάγους.

Για ν' αστειευτούν οι φίλοι σας – κακόγουστα βέβαια – σας εγκαταλείπουν σ' έναν παγωμένο βάλτο. Ο πάγος είναι τόσο ολισθηρός, που είναι αδύνατο να φύγετε βαδίζοντας, ιδίως πάνω στην έκρηξη της οργής σας. Αν υποθέσουμε οτι επιχειρείτε με ψυχραιμία να απομακρυνθείτε έρποντας, πάλι δε θα καταφέρετε τίποτα. Και τώρα τι γίνεται;

Μα το κακό συνεχίζεται· σας άφησαν ξαπλωμένο ανάσκελα, οι ανόητοι, σε λίγη ώρα θα ξυλιάσετε, πρέπει να αλλάξετε στάση,



Εικόνα 2.21

πρέπει να γυρίσετε· αλλά πώς θα τα καταφέρετε πάνω στη γλιστερή επιφάνεια του πάγου;

Αλλά, ας πάρουμε και το χειρότερο. Αν οι φίλοι σας ήταν εντελώς κακοήθεις και σας άφηναν όρθιο, δεμένο σ' έναν πάσσαλο (εικ. 2.21), πώς θα περιστρεφόσαστε γύρω απ' αυτόν, αν βέβαια τα χέρια σας ήταν ελεύθερα; Σκεφτείτε όμως οτι ο πάσσαλος είναι πολύ λείος και ο πάγος γλιστερός, οπότε και τα χέρια και τα πόδια αχρηστεύονται.

Πώς λοιπόν θα περιστρεφόσαστε για να κοιτάξετε τουλάχιστον προς την αντίθετη κατεύθυνση;

Μετάπτωση.

Κέντρο βάρους.

2.22

Όταν στρίβει το αυτοκίνητο, το ποδήλατο και το τρένο.

Τι κάνετε για να στρίψει το ποδήλατο; Για ν' αλλάξει πορεία η μοτοσυκλέτα, δε στρίβουμε το τιμόνι αλλά προκαλούμε την κλίση της. Ποιά είναι η διαφορά;

Όταν το τρένο πλησιάζει σε στροφή κλίνει προς τα μέσα, γιατί οι εξωτερικές σιδεροτροχιές είναι υπερυψωμένες, ώστε να αποτρέψουν το ντεραπάρισμα, που θα προκαλούσε η φυγόκεντρος δύναμη. Η κλίση επηρεάζει την περιστροφή όπως και στη μοτοσυκλέτα;

Τέλος, ανάλογοι συλλογισμοί αφορούν τα πολύ γρήγορα αυτοκίνητα, όπως είναι αυτά της Φόρμουλα 1;

Κρούσεις.

Ωθήσεις.

Γραμμική κινηματική.

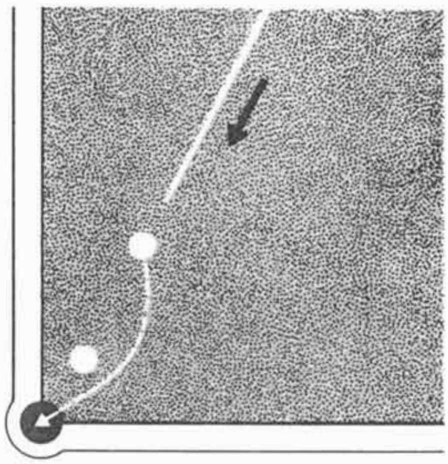
2.23

Μπιλιάρδο.

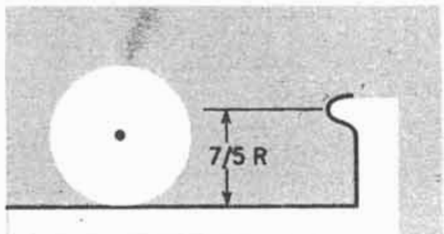
Πώς πετυχαίνετε ένα «κουλέ» (η μπάλα μετά την καραμπόλα, ακολουθεί αυτήν που χτύπησε) ή ένα «ρετρό» (η μπάλα μετά την καραμπόλα επιστρέφει); Εγώ νόμιζα ότι, όταν ένα κινούμενο αντικείμενο χτυπήσει ένα άλλο ακίνητο ίσης μάζας, το πρώτο ακινητοποιείται. Το «μασέ» είναι μια καραμπόλα, όπου η τροχιά της μπάλας είναι παραβολική. (εικ.2.23α).

Αυτές οι καραμπόλες απαγορεύονται σ' όλες τις αίθουσες μπιλιάρδου, γιατί αν αποτύχουν, σκίζουν την τσόχα του τραπεζιού. Πώς πρέπει να χτυπήσει η στέκα την μπάλα, για να πετύχουμε αυτήν την καραμπόλα και γιατί έχει αυτό το αποτέλεσμα;

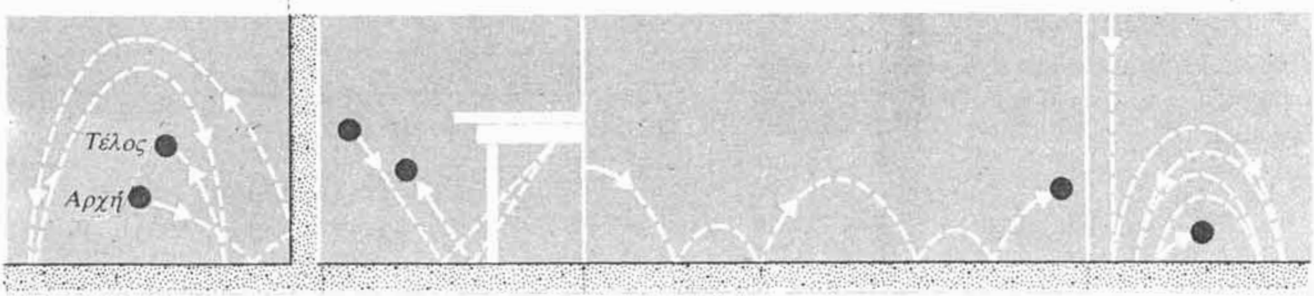
Το κρηπίδωμα, που περιβάλλει το τραπέζι, που πάνω του προσκρούουν και αναπηδούν οι μπάλες, (εικ. 2.23β) είναι ψηλότερο από το κέντρο της μπάλας. Γιατί;



Εικόνα 2.23α
Χτύπημα «μασέ»



Εικόνα 2.23β
Ύψος κρηπιδώματος.



Εικόνα 2.24
Κόλπα με τις διαβολόμπαλες.

2.24
Τα κόλπα της διαβολόμπαλας.

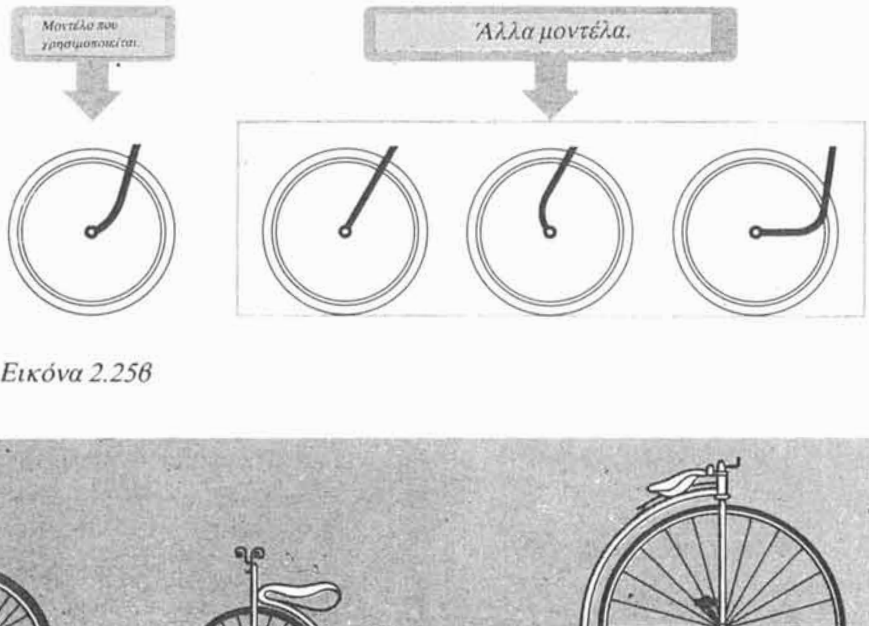
Μια σημαντική επιτυχία της τεχνολογικής κοινωνίας μας είναι η «σούπερ μπάλα». Χάρη στη μεγάλη της ελαστικότητα καταφέρνει σπουδαία κόλπα. Πολλά απ' αυτά παρουσιάζονται στην εικ. 2.24. Μπορείτε και ο ίδιος να κάνετε αυτά τα κόλπα και να τα εξηγήσετε;

Ευστάθεια.

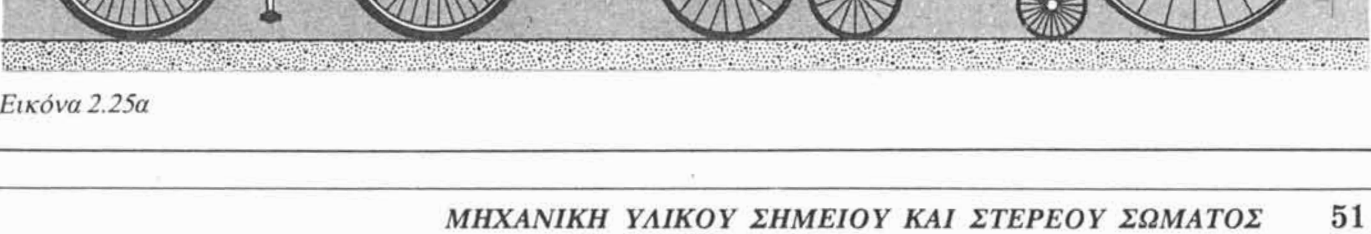
Μηχανική απόδοση.

2.25
Σχήματα ποδηλάτων.

Γιατί τα σημερινά ποδήλατα έχουν αυτό το σχήμα; Παλιότερα υπήρχαν πολλά μοντέλα (Εικ.25α). Ένα μοντέλο, για παράδειγμα, είχε τροχούς, διαφορετικού μεγέθους και άλλο είχε πετάλια προσαρμοσμένα στον μπροστινό τροχό. Το σημερινό ποδήλατο είναι πιο αποτελεσματικό από αυτά, που προηγήθηκαν; Γιατί είναι καμπύλο το πηρούνι του μπροστινού τροχού;
Θα είχαμε μεγαλύτερη σταθερότητα, αν τα στηρίγματα είχαν τα σχήματα, που βλέπουμε στην εικ. 2.25β;



Εικόνα 2.25β



Εικόνα 2.25α

Διεγείρουσα δύναμη στο φαινόμενο του συντονισμού.

2.26
Το χούλα - χουπ.

Το χούλα - χουπ είναι ένα μεγάλο πλαστικό στεφάνι που περιστρέφουμε γύρω απ' τη μέση μας, κάνοντας κατάλληλες κινήσεις με τους γοφούς μας (εικ. 2.26). Αυτό το παιχνίδι είχε επιτυχία στη δεκαετία του 50 στην Αμερική· άλλα παρόμοια στεφάνια, που περιστρέφονταν γύρω από τα χέρια ή τα πόδια χρησιμοποιούνταν πολλά χρόνια πριν σε παιχνίδια και χορούς. Οι Ινδιάνοι της Αμερικής τα χρησιμοποιούσαν στους θρησκευτικούς τους χορούς.

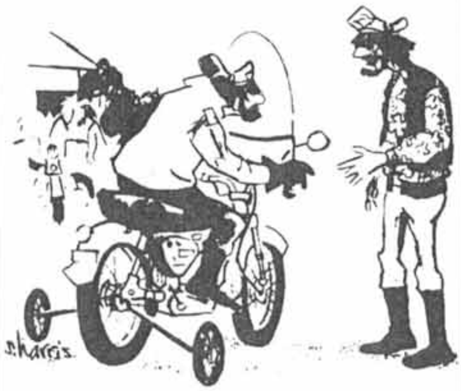
Σκεφτήτε τι πρέπει να κάνετε για να περιστρέφεται διαρκώς ένα χούλα - χουπ σε ορισμένο ύψος. Το τοποθετείτε γύρω από τη μέση σας και το «φυλακίζετε» εκεί με τους γοφούς σας, που η κίνησή τους συντηρεί την περιστροφή του. Η αρχική ταχύτητα που του δίνετε, είναι μεγαλύτερη απ' αυτήν της μόνιμης περιστροφής; Πώς διατηρείτε αυτήν την κίνηση; Είναι σε φάση με την κίνηση των γοφών σας; Ποια είναι η ελάχιστη ταχύτητα, που εξασφαλίζει την περιστροφή;



Εικόνα 2.26
Χούλα - Χουπ

Ευστάθεια.

Ροπές.



Εικόνα 2.27
«Σε κανένα δεν αρέσει να πέφτει Rocco — αλλά μειώνεις την υπόλειψή μας»
Απ' την Saturday Evening Post.

2.27
Ισορροπία με ποδήλατο.

Πώς διατηρείτε τη ισορροπία σας πάνω στο ποδήλατο; Όταν προαισθάνεστε οτι θα πέσετε, στρίβετε προς τη μεριά της πτώσης, για να ξαναβρείτε την ισορροπία σας; Ή είναι το ίδιο το ποδήλατο, που σας εξασφαλίζει την ευστάθεια; Θα πρέπει να συνεισφέρει αρκετά, σ' αυτήν, γιατί, αν το εξαπολύσετε ισορροπεί και κινείται μόνο του για 20 δευτερόλεπτα χωρίς να πέσει.

Χωρίς χέρια, πώς κρατάτε την ισορροπία σας; Ας υποθέσουμε οτι το ποδήλατο κινείται μόνο του και το πλαγιάζετε προς τα δεξιά. Προς ποια μεριά θα γυρίσει η μπροστινή ρόδα και γιατί;

Περιστροφική κίνηση.

2.28
Το λάσο.

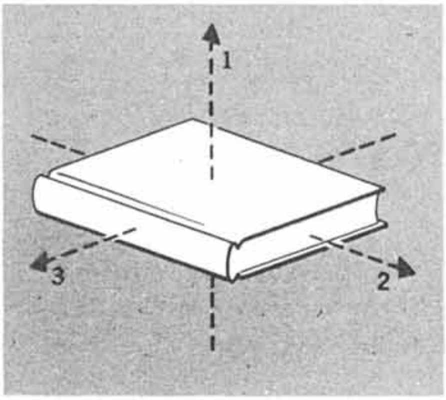
Πώς καταφέρνει ένας κάου - μπόυ να περιστρέφεται το λάσο του, όταν βρίσκεται στον αέρα; Ποια είναι η ελάχιστη ταχύτητα περιστροφής, που εξασφαλίζει την οριζόντια σταθερότητα του λάσο και ποια την κατακόρυφη;

Ροπή αδράνειας.

Ευστάθεια.

2.29
Το περιστρεφόμενο βιβλίο.

Εαν δέσετε ένα βιβλίο μ' ένα σκοινί, μπορείτε να το πετάξετε προς τα πάνω, κάνοντάς το να γυρνάει γύρω από έναν απ' τους τρεις άξονες της εικόνας 2.29. Οι κινήσεις γύρω απο τους δύο άξονες είναι περιστροφές απλές και σταθερές. Αλλά η περιστροφή γύρω από τον τρίτο άξονα είναι πολύπλοκη, όποια κι αν είναι η δεξιοτεχνία που θα δείξετε κατά το πέταγμα του βιβλίου (εικ.2.29). Δοκιμάστε. Ποια είναι η αιτία αυτής της ανεξέλεγκτης ταλάντωσης γύρω από τον τρίτο άξονα;



Εικόνα 2.29

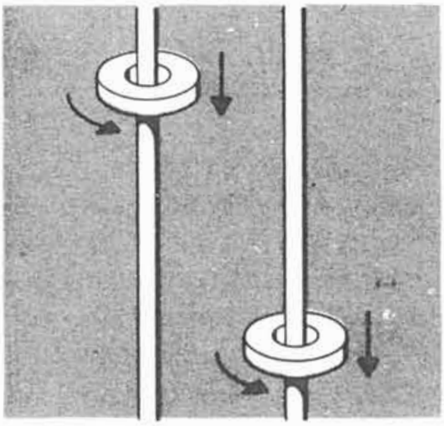
Διατήρηση ενέργειας.

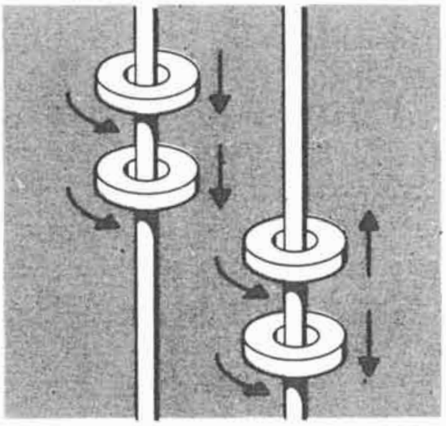
Κρούση.

2.30
Fiddlesticks.

Το fiddlesticks είναι ένα αμερικάνιο παιχνίδι, εξαιρετικά απλό και ταυτόχρονα γοητευτικό. Αποτελείται απο ένα πλαστικό δαχτυλίδι μεγάλης διαμέτρου, που ολισθαίνει πάνω σ' ένα μακρύ κυλινδρικό ξύλο. Το δαχτυλίδι πέφτοντας (πάρα πολύ αργά) περιστρέφεται όλο και πιο γρήγορα, ενώ ταυτόχρονα όλο και καθυστερεί την πτώση του. Γυρίζοντας το ξύλο ανάποδα μπορούμε να επαναλάβουμε τη διαδικασία. Γιατί η περιστροφή επιταχύνεται κατά την πτώση του δαχτυλιδιού; Και ακόμη, γιατί δεν πέφτει ελεύθερα με την επιτάχυνση της βαρύτητας;

Χρησιμοποιείστε τώρα δύο δαχτυλίδια συγχρόνως. Αυτό που συμβαίνει, δεν είναι μόνο εντυπωσιακό αλλά και πολύ παράξενο. Ο πάνω δακτύλιος κατεβαίνει πιο γρήγορα απο τον άλλο και τον φτάνει. Συγκρούονται, αναπηδούν και το δαχτυλίδι που βρίσκεται πιο ψηλά, αρχίζει ν' ανεβαίνει (εικ.2.30). Γιατί;





Εικόνα 2.30

Ροπή αδράνειας.

Ευστάθεια.

2.31
Το βαρέλι του Εσκιμώου.

Πώς καταφέρνει ένας Εσκιμώος να επαναφέρει το «καγιάκ» που τούμπαρε, χωρίς να εγκαταλείψει το σκάφος;

2.32
Μεγάλα λάστιχα.

Τα λάστιχα με μεγάλη διάμετρο συντελούν στο να κινηθεί ταχύτερα ένα αυτοκίνητο;

Ροπή αδράνειας.

Ευστάθεια.

2.33
Ένα αυτοκίνητο κάνει πατινάζ

Το αυτοκίνητό σας κινείται πάνω σε παγωμένο δρόμο και ξαφνικά πάει να ντεραπάρει. Θα το επαναφέρετε γυρνώντας το τιμόνι προς την πορεία που θέλετε να ακολουθήσετε ή προς το μέρος που κινδυνεύει να ντεραπάρει; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

2.34
Το ζυγοστάθμισμα των τροχών.

Εαν ζυγοσταθμίσετε τους τροχούς σας στατικά μ' ένα απλό αλφάδι, θα διατηρηθούν ζυγοσταθμισμένοι, όταν το αυτοκίνητο κινηθεί; Είναι δυνατό να πετύχετε ένα ζυγοστάθμισμα στατικό και δυναμικό, προσθέτοντας ένα απλό αντίβαρο στη ζάντα; Μήπως προσθέτοντας δύο;

Ροπή.

Ροπή αδράνειας.

2.35
Το κόψιμο του χαρτιού υγείας.

Ορισμένοι πλαστικοί άξονες γύρω από τους οποίους ξετυλίγεται το χαρτί της τουαλέττας, λειτουργούν έτσι ώστε να κόβονται μεγάλα κομμάτια, όταν το ρολό είναι καινούργιο. Όταν το ρολό βρίσκεται στο τέλος του, τα κομμάτια κόβονται μικρά, παρά τη θέλησή μας. Με άλλους πλαστικούς άξονες συμβαίνει το αντίθετο· Γιατί;

Ροπές.

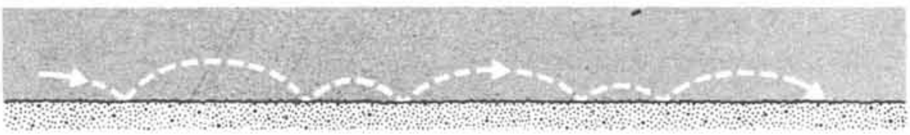
Στροφορμή.

2.36
Αναπηδήσεις.

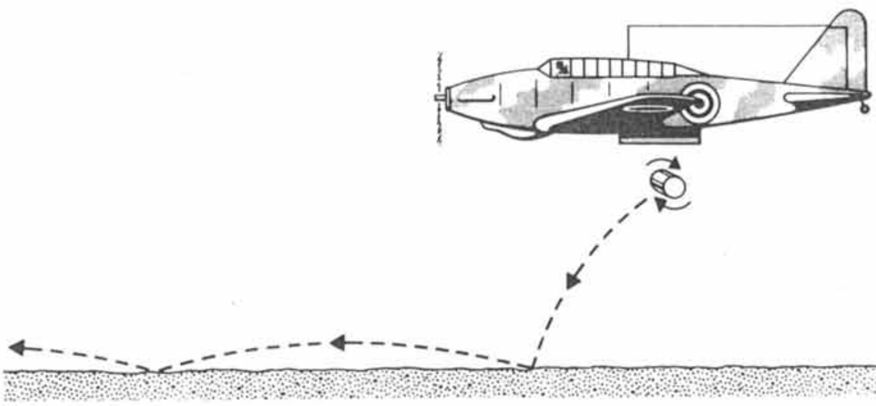
Πώς αναπηδά μια πέτρα στην επιφάνεια του νερού; Εάν εκτοξεύσετε με τον ίδιο τρόπο μια πέτρα σε ισοπεδωμένη και υγρή άμμο τα ίχνη της καταγράφουν την πορεία της. Θα διαπιστώσετε ότι το πρώτο άλμα είναι μικρό (μερικές ίντσες), ενώ το δεύτερο είναι μεγάλο (μερικά πόδια) και αυτή η διαδοχή επαναλαμβάνεται μέχρι την ακινητοποίησή της (εικ. 2.36α). Γιατί;

Κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου το φαινόμενο αυτό χρησιμοποιήθηκε από τους Βρετανούς, για να βομβαρδίσουν τα γερμανικά υδατοφράγματα. Είναι πολύ δύσκολο να βομβαρδίσεις ένα φράγμα, και μάλιστα όταν σε πυροβολούνε απ' αυτό. Η RAF κατασκεύασε μια κυλινδρική βόμβα μήκους 1,5 m και λίγο μικρότερης διαμέτρου. Αυτή τη βόμβα ανάγκαζαν σε μια περιστροφική κίνηση γύρω απο τον άξονά της, συχνότητας 500 στροφών ανά λεπτό και φοράς αντίθετης προς τη φορά κίνησης του αεροπλάνου, (εικ. 2.36β) και την εκτόξευαν.

Όταν έφτανε στην επιφάνεια του νερού, άρχιζε να κάνει άλματα ολοένα και πιο μικρά, μέχρις ότου έφθανε στον τοίχο του υδατοφράγματος. Στο σημείο αυτό η βόμβα, αντί να αναπηδήσει προς τα πίσω, κόλλαγε στον τοίχο, λόγω της φοράς της περιστροφικής της κίνησης. Στη συνέχεια βυθιζόταν σε βάθος 10 μέτρων χάρη σ' ένα υδραυλικό σύστημα, και έσκαζε. Ήταν μια ιδέα εξαιρετικά απλή, ώστε να επιτευχθεί η προσέγγιση ενός στόχου λίγων μέτρων με μια βόμβα, που ζύγιζε 5 τόνους.



Εικόνα 2.36α
Τροχιά πέτρας που αναπηδά στην άμμο.



Εικόνα 2.36β
Η βόμβα που αναπηδά.

Ροπή.

Στροφορμή.

2.37

Το διαφορικό του αυτοκινήτου.

Όταν το αυτοκίνητό σας παίρνει στροφή, πρέπει οι εξωτερικές προς τη στροφή ρόδες να γυρνούν πιο γρήγορα από τις άλλες. Εφόσον, όμως, και η εξωτερική και η εσωτερική ρόδα βρίσκονται στον ίδιο άξονα, πώς είναι δυνατή μια στροφή;

Ροπή αδράνειας.

2.38

Ο κινητήρας ενός αγωνιστικού αυτοκινήτου.

Σε μερικά αγωνιστικά αυτοκίνητα τοποθετούν τον κινητήρα στο μέσο αντί μπρος ή πίσω, εφόσον συμμετέχουν σε αγώνες, που γίνονται σε συνηθισμένους δρόμους με πολλές κλειστές στροφές (στο Μόντε Κάρλο για παράδειγμα). Σε σχέση, με τη ροπή που χρειάζεται ένα αυτοκίνητο για να στρίψει, ποια είναι τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος σε σχέση με τα συμβατικά;

Κέντρο βάρους.

Ευστάθεια.

2.39

Ο σκοινοβάτης.

Πώς κρατάει ένας σκοινοβάτης την ισορροπία του; Γιατί βοηθιέται απο ένα μακρύ ξύλο;

Τροχιές.

Ροπές.

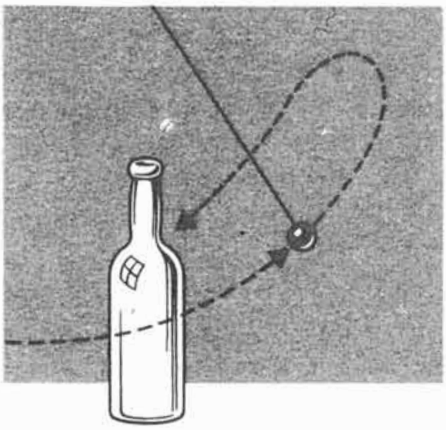
Στροφορμή.

2.40

Το εκκρεμές και η μπουκάλα.

Στα λούνα - παρκ είναι συνηθισμένο το παιχνίδι του εκκρεμούς, που τοποθετημένο πάνω απο μια μπουκάλα, προκαλεί την επιδεξιότητά σας (εικ. 2.40). Η μπουκάλα πρέπει να χτυπηθεί, όχι όμως με την πρώτη αιώρηση του εκκρεμούς αλλά (για να δείξετε επιδεξιότητα) με τη δεύτερη, καθώς θα επανέρχεται δηλαδή προς το μέρος σας. Μη σας φαίνεται εύκολο το παιχνίδι. Θα χρειαστείτε κάμποσες δοκιμές για να βρείτε το τόξο, που πρέπει να διαγράψει το εκκρεμές, και να κερδίσετε το δώρο, γιατί ο υπάλληλος του λούνα - παρκ δε θα σας αφήσει να τινάξετε το εκκρεμές ακριβώς πάνω απο τη μπουκάλα.

Δοκιμάστε λοιπόν και μετά αναζητήστε την αιτία των συνεχών αποτυχιών σας και το μυστικό της λειτουργίας του εκκρεμούς.



Εικόνα 2.40
Τινάξτε το εκκρεμές έτσι που να χτυπήσει τη μπουκάλα καθώς επιστρέφει.

Ροπές.

Διατήρηση της στροφορμής.

2.41

Γάτες αλεξιπτωτιστές.

Είναι πασίγνωστο πως μια γάτα που πέφτει με την πλάτη, προσγειώνεται με τα πόδια. Ακόμη και οι κολοβές γάτες είναι προικισμένες μ' αυτήν τη μαγική ιδιότητα. Όμως χωρίς εξωτερική ροπή, η στροφορμή της γάτας πρέπει να διατηρείται σταθερή. Η στροφορμή της μένει στην πραγματικότητα σταθερή κατά την πτώση της; Κι αν είναι έτσι, γιατί η γάτα στρέφεται κατά 180°; Εάν όχι, τότε κάποια εξωτερική ροπή πρέπει να εφαρμόζεται στη γάτα. Από πού όμως;

2.42

Ένας χιονοδρόμος στρίβει.

Μια στροφή με σκι είναι ένα σύνθετο σύνολο παραμορφώσεων και περιστροφών· αλλά ας αναλύσουμε μερικά απλά στοιχεία, που την συνθέτουν. Η Αυστριακή στροφή (λέγεται και stem) απαιτεί μια συσπείρωση του σώματος, που ακολουθείται απο ένα βίαιο τίναγμα προς τα πάνω και μια στροφή του ανώτερου τμήματος του σώματος.

Το αποτέλεσμα είναι να στραφεί αντίθετα το κατώτερο τμήμα του σώματος και μαζί του και τα σκι. Γιατί; Για μια ορισμένη στροφή του ανώτερου τμήματος του σώματος ποια είναι η γωνία στροφής του κατώτερου;

Η φυσιολογική θέση του χιονοδρόμου του εξασφαλίζει μια ευθύγραμμη πορεία, μία μετατό-

πιση όμως του σώματος προς τα μπρός ή πρός τα πίσω σε σχέση με τα σκι, επιφέρει μια στροφή. Γιατί; Ποια αντιστοιχία υπάρχει στην κλίση του σώματος (μπρος ή πίσω) και στη φορά στροφής (δεξιά ή αριστερά);

2.43

Το γιο - γιο.

Μπορείτε να μου εξηγήσετε το ανεβοκατέβασμα του γιο - γιο; Υπάρχει γιο - γιο, που, όταν ξετυλιχτεί τελείως, περιστρέφεται ελεύθερα και μετά, εάν θέλουμε, το αναγκάζουμε να τυλιχτεί και ν' ανέβει μ' ένα ελαφρό χτύπημα του σπάγγου. Το ίδιο μοντέλο μπορεί να κυλάει, όταν το ακουμπίσουμε στο έδαφος.

Υπάρχει κι ένα καλύτερο τέχνασμα: ακινητοποιήστε το γιο - γιο, βγάλτε το σπάγγο απο το δάχτυλό σας και κρατήστε το με τα δυο σας δάχτυλα. Δώστε μετά ένα χτύπημα σ' αυτό το χέρι και μόλις το γιο - γιο αρχίζει να ανεβαίνει, αφήστε το σπάγγο. Τότε θα το δείτε να τυλίγετε στον αέρα άψογα. Καταπλήξτε τους φίλους σας, αρπάζοντάς το στον αέρα και βάζοντάς το στην τσέπη σας, τυλιγμένο τέλεια.

2.44

«Παλαμάκια» με τον τάπητα του τζούντο.

Μπορείτε ν' αποφύγετε τον τραυματισμό κατά τη διάρκεια μιας πτώσης σ' έναν αγώνα τζούντο, αν τη στιγμή της πρόσκρουσης, «χαστουκίσετε» με το μπράτσο σας το έδαφος. Το αποτέλεσμα οφείλεται κατά ένα μέρος σε ψυχολογικά αίτια, γνωρίζω όμως ότι περισσότερο οφείλεται σε πραγματικά. Όταν έκανα μαθήματα, πονούσα, αν δεν έκανα την κατάλληλη στιγμή το κόλπο με το χαστούκι. Όταν χτυπούσα τον τάπητα σωστά, ένιωθα μια μικρή ενόχληση μόνο.

Στροφορμή.

Ροπές.

Ευστάθεια.

2.45

Περιστροφή και απόκλιση μιας σφαίρας ντουφεκιού.

Γιατί μια σφαίρα ντουφεκιού αποκτά περιστροφική κίνηση μέσα στην κάνη; Σημειώστε ότι η λέξη ντουφέκι στα Αγγλικά προέρχεται από το rifling που σημαίνει «χαραγματιά». Το σπειροειδές εσωτερικό κανάλι της κάνης δίνει αυτήν τη στροφική κίνηση στη σφαίρα. Εάν η φορά περιστροφής είναι αντίθετη προς αυτήν των δεικτών του ρολογιού (από την άποψη του σκοπευτή), τότε η σφαίρα αποκλίνει προς τα αριστερά του στόχου. Η περιστροφή, που συμφωνεί μ' αυτήν που έχουν οι δείχτες του ρολογιού, αποκλίνει τη σφαίρα προς τα δεξιά του στόχου. Γιατί; Μπορείτε να υπολογίσετε περίπου την έκταση της παρέκκλισης για ένα μεγάλο και ένα μικρό ντουφέκι;

Κέντρο βάρους.

Ροπές.

Ευστάθεια.



Εικόνα 2.46

2.46

Ένας γυρτός πύργος από βιβλία.

Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να στοιβάξουμε βιβλία, όσο γίνεται πιο απομακρυσμένα από την κατακόρυφη. Θα τοποθετήσετε την άκρη κάθε βιβλίου στο κέντρο του προηγούμενου;

Ροπές.

Στροφορμή.

Κέντρο βάρους.

Παραμόρφωση και τάση.

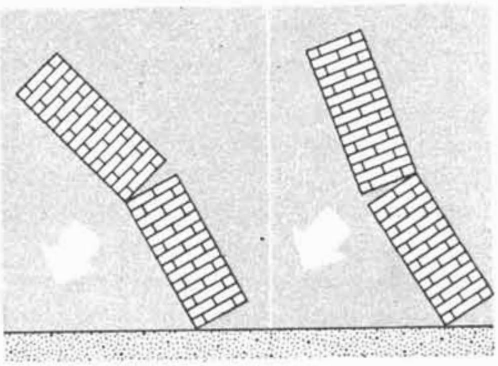
2.47

Η πτώση της καμινάδας.

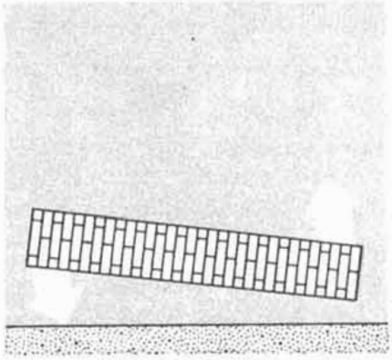
Όταν μια μεγάλη καμινάδα πέφτει από την οροφή του σπιτιού, σπάει συνήθως στα δύο, σε ένα ορισμένο σημείο.

Γιατί δεν πέφτει μονοκόμματη; Πού φαντάζεστε ότι θα σπάσει; Και προς τα πού θα λυγίσει πέφτοντας, προς το έδαφος ή αντίθετα απ' αυτό; (εικ. 2.47α).

Μπορείτε να επαληθεύσετε την απάντησή σας, αν στοιβάξετε παιδικά βιβλία, σε ύψος ικανοποιητικό για την επαλήθευσή σας και παρατηρήσετε πώς θα λυγίσουν πέφτοντας. Εάν η καμινάδα δε σπάσει, θα συμβεί κάτι πιο παράξενο ακόμη. Το κάτω μέρος μπορεί να κάνει μια ανυψωτική κίνηση κατά την πτώση. (εικ. 2.47β). Πώς είναι δυνατό να συμβεί αυτή η φαινομενική παραβίαση του νόμου της βαρύτητας;



(α) Από ποια μεριά θα σπάσει η καμινάδα;



(β) Αν δε σπάσει θα αναπηδήσει;

Εικόνα 2.47

Δυνάμεις σε κινούμενο σύστημα αναφοράς.

2.48

Η μάχη των Falkland και η Χοντρό Μπέρθα.

Κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου πολέμου έγινε μια ναυμαχία, που άφησε όνομα, μεταξύ Γερμανών και Άγγλων κοντά στα νησιά Falkland, που βρίσκονται στον 50^{o} παράλληλο του νότιου ημισφαιρίου. Παρατηρήθηκε λοιπόν πως οι βολές των Άγγλων παρά την προσεκτική σκόπευση, έπεφταν 100 μέτρα αριστερότερα απο τα γερμανικά καράβια. Τα εγγλέζικα στόχαστρα δεν έφταιγαν, γιατί είχαν ρυθμιστεί με μεγάλη ακρίβεια στην Αγγλία.

Στον ίδιο πόλεμο όταν οι Γερμανοί βομβάρδιζαν το Παρίσι από μια απόσταση 100km, χρησιμοποιούσαν ένα τεράστιο κανόνι, που το ονόμαζαν «η Χοντρή Μπέρθα». Εάν οι Γερμανοί είχαν χρησιμοποιήσει το συνηθισμένο τρόπο σκόπευσης, θα έπεφταν 2km μακρύτερα από το στόχο. Τι συνέβαινε στις βόμβες;

Δυνάμεις σε στρεφόμενο σύστημα αναφοράς.

2.49

Ο νόμος του Beer για την διάβρωση της όχθης των ποταμών.

Γιατί η δεξιά όχθη των ποταμιών στο βόρειο ημισφαίριο διαβρώνεται πιο πολύ κατά μέσο όρο από την αριστερή;

2.50

Η αθλήτρια της παγοδρομίας.

Πολύ συχνά χρησιμοποιούμε το παράδειγμα της αθλήτριας του πατινάζ, για να δείξουμε την αρχή της διατήρησης της στροφορμής. Όταν χαμηλώνει τα χέρια προς το σώμα της, γυρνάει πιο γρήγορα λόγω της παραπάνω αρχής, χωρίς βέβαια να ασκείται σ' αυτήν εξωτερική ροπή. Όλα αυτά φυσικά είναι αληθινά αλλά θα προτιμούσα να εξηγήσω την περιστροφική της επιτάχυνση με τη βοήθεια δυνάμεων, που είναι πιο παραστατικές στη φαντασία μας απ' ό,τι η στροφορμή. Ποιά είναι η δύναμη που επιταχύνει την περιστροφή της αθλήτριας;

τιωτικά τμήματα, που τους απαγόρευε να διασχίζουν γέφυρες, έχοντας ρυθμικό βήμα. Ποια εξήγηση δίνεται συνήθως για τον κίνδυνο αυτό; Νομίζετε οτι είναι πραγματικός; Δοκιμάστε να κάνετε έναν πρόχειρο υπολογισμό.

Ταλαντώσεις σε συντονισμό.

2.55
Πτυχώσεις του δρόμου.

Μερικές φορές σ' ένα δρόμο που ήταν επίπεδος, δημιουργούνται «σαμάρια» που ακολουθούνται από άλλα μικρότερα. Στην πραγματικότητα αυτές οι «ρυτίδες» καλύπτουν όλο το δρόμο. Έτσι πολλοί χωματόδρομοι ή τσιμενταρισμένοι ή και ασφαλτοστρωμένοι ακόμη δρόμοι μοιάζουν με κυματοειδή λαμαρίνα ή με σκάφη πλυσίματος, ιδιαίτερα όταν η βροχή γεμίζει τις πτυχώσεις.

Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται στις ράγες των τρένων ή των τραμ, με αποτέλεσμα τα τρένα να κάνουν ένα δαιμονισμένο θόρυβο, όταν κινούνται πάνω σ' αυτές τις κυματώσεις. Αυτοί που κάνουν σκι, έχουν εμπειρία αυτού του είδους της «κυματοειδούς» επιφάνειας, που σχηματίζεται στις πίστες των χιονοδρομικών κέντρων.

Ποιά είναι η αιτία δημιουργίας αυτών των αυλακώσεων; Τι καθορίζει την περιοδικότητά τους; Μπορείτε να προβλέψετε την απάντηση, επαναλαμβάνοντας αυτό το φαινόμενο μέσα σε μια σκάφη γεμάτη από άμμο, κρατώντας στο χέρι σας μια ρόδα;

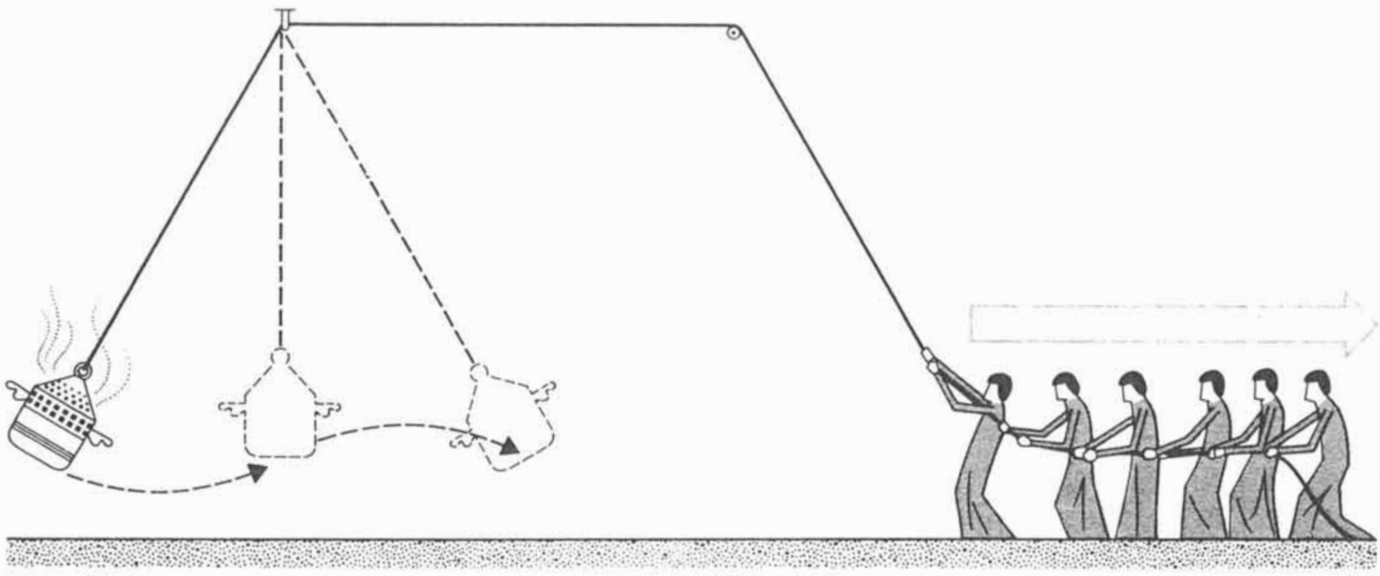
Ροπές, Στροφορμή.

Μετατροπή ενέργειας.

Ταλαντώσεις σε συντονισμό.

2.54
Το θυμιατήρι.

Οι προσκυνητές του Αγίου Ιακώβου της Κομποστέλας στην Ισπανία, επισκέπτονται το παρεκκλήσι του Αγίου, για να προσφέρουν λιβάνι. Το λιβάνι και το κάρβουνο, τοποθετούνται σ' ένα μεγάλο ασημένιο θυμιατό, που κρέμεται από την οροφή. Αρχικά το θυμιατό αναγκάζεται σε μικρή ταλάντωση και στη συνέχεια με την προσπάθεια έξι περίπου ανθρώπων φτάνει να αιωρείται σε πλάτος 180°. Η ταλάντωση, όπως είναι φυσικό, δυναμώνει την καύση του κάρβουνου. Αυτό, όμως, που ενδιαφέρει, είναι η συντονισμένη προσπάθεια των έξι ανθρώπων. Μικραίνουν το μήκος του σκοινιού κατά ένα μέτρο κάθε φορά που το θυμιατό περνάει από την κατακόρυφη, ενώ το επιμηκύνουν κατά ένα μέτρο, όταν φτάνει στις ακραίες θέσεις. Πώς οι διαδοχικές μεταβολές του μήκους του σκοινιού αυξάνουν το πλάτος των ταλαντώσεων;

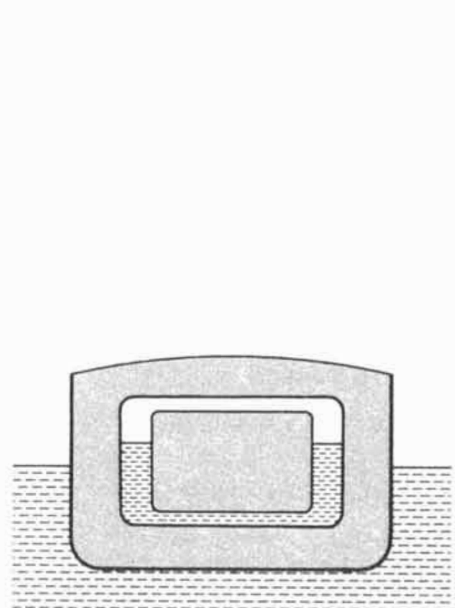


Εικόνα 2.54

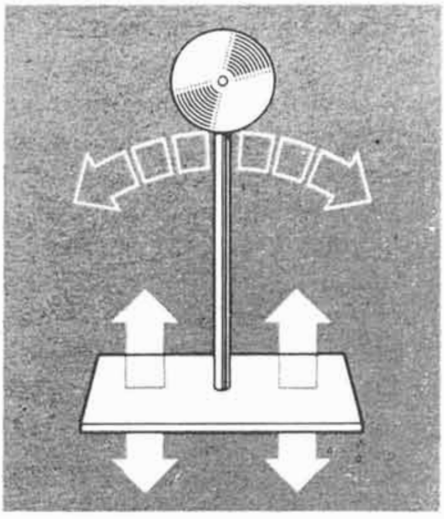
2.56

Αντικυματικό αμπάρι.

Ο κλυδωνισμός των πλοίων είναι γενικά ακανόνιστος και επομένως ακίνδυνος· όμως, αν τα κύματα χτυπούν το καράβι με τη συχνότητα συντονισμού του, τότε γίνεται επικίνδυνος. Για να αντιμετωπιστεί αυτός ο κίνδυνος, μερικά καράβια έχουν μια δεξαμενή μισογεμάτη νερό. (εικ. 2.56) Οι διαστάσεις της δεξαμενής υπολογίζονται προσεκτικά, ώστε ο όγκος του νερού που περιέχει, να έχει την ίδια συχνότητα συντονισμού με αυτήν του πλοίου. Δε νομίζετε όμως ότι θά 'πρεπε να αποφύγουμε την παραπάνω ενέργεια; Εάν οι συχνότητες συντονισμού είναι οι ίδιες, πώς μπορεί αυτή η δεξαμενή να αποτρέψει τις συνέπειες του κυματισμού;



Εικόνα 2.56
Τομή αντικυματικής δεξαμενής πλοίου.



Εικόνα 2.57
Το εκκρεμές δεν πέφτει όταν η κατακόρυφη ταλάντωση του στηρίγματος έχει μεγάλη συχνότητα.

2.57

Αναποδογυρισμένο εκκρεμές και μονότροχο ποδήλατο.

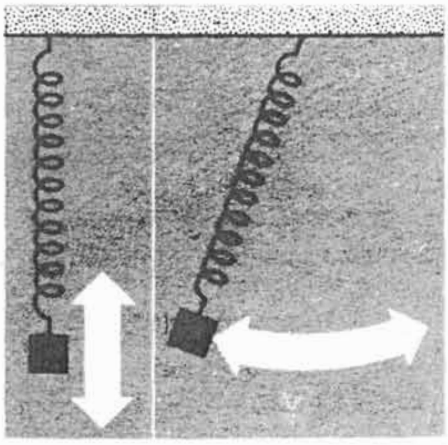
Δοκιμάστε να αναποδογυρίσετε ένα εκκρεμές και να το στηρίξετε στο άκρο του. Θα είναι ασταθές και θα πέφτει με την παραμικρή κίνηση. Αν όμως το κινούμε πολύ γρήγορα πάνω - κάτω (εικ. 2.57), θα μένει σταθερό ακόμη κι αν δεχτεί ένα μικρό σκούντηγμα. Ένας οδηγός μονότροχου ποδηλάτου κάνει το ίδιο πράγμα με τη διαφορά οτι σταθεροποιείται με οριζόντιες ταλαντώσεις.

Γιατί οι ταλαντώσεις αυξάνουν τη σταθερότητα; Τι καθορίζει τις συχνότητες ταλάντωσης, που είναι αναγκαίες για τη σταθεροποίησή του; Μπορείτε να εξηγήσετε με τη βοήθεια της Φυσικής και χωρίς τη βοήθεια της Φυσικής και χωρίς εξισώσεις την παραπάνω δράση του αναποδογυρισμένου εκκρεμούς;

2.58

Ένα εκκρεμές με ελατήριο

Τα εκκρεμή και τα ελατήρια σας είναι αναμφίβολα πολύ οικεία και καθημερινά. Σκεφτήκατε όμως ποτέ να τα συνδυάσετε, αναρτώντας σ' ένα ελατήριο το βαρίδι του εκκρεμούς; Εάν τα διαλέξατε προσεχτικά θα έχετε ένα θαυμάσιο παράδειγμα συνεζευγμένης ταλάντωσης. Όπως ακριβώς θα περιμένατε, ένα τράβηγμα του βαριδιού προς τα κάτω δημιουργεί κατακόρυφες ταλαντώσεις που σβήνουν, σε λίγο χρόνο, και το βαρίδι αρχίζει να ταλαντώνεται σαν εκκρεμές. (εικ. 2.58) Στη συνέχεια ξαναρχίζουν οι κατακόρυφες ταλαντώσεις. Έτσι, η ενέργεια του συστήματος ανταλλάσσεται διαδοχικά μεταξύ των δύο τρόπων ταλάντωσης, όσο χρόνο εναπομένει ενέργεια στο σύστημα. Πώς όμως, θα διαλέξετε τη μάζα του βαριδιού, τη μάζα και το μήκος του ελατηρίου για να πετύχετε αυτό το φαινόμενο; Και γιατί συμβαίνει; Με ποια συχνότητα αιώρησης περνά το βαρίδι από τον ένα τρόπο ταλάντωσης στον άλλο;



Εικόνα 2.58

Συνεζευγμένες αρμονικές ταλαντώσεις

2.59
Η καμπάνα, που δεν ήθελε να χτυπήσει

Είναι παράλογο να τοποθετήσετε μια καμπάνα στο καμπαναριό, όταν δε χτυπάει. Κι όμως, αυτό έγινε στον καθεδρικό ναό της Κολωνίας. Η επιλογή των συχνοτήτων ταλάντωσης της καμπάνας και του γλωσσιδιού της ήταν τόσο λαθεμένη, που αιωρούνταν σε φάση και συνεπώς η καμπάνα δε χτυπούσε. Ποιες είναι οι προϋποθέσεις που οδήγησαν σ' αυτού του είδους τις αιωρήσεις; Και όταν συμβεί αυτό το φαινόμενο, τι άλλο μπορούμε να κάνουμε εκτός βέβαια από το να πετάξουμε την καμπάνα;

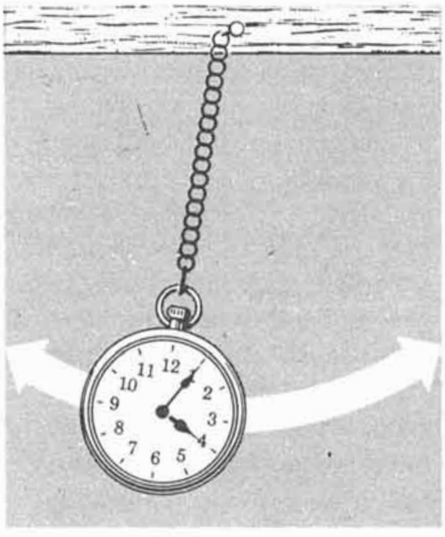


Εικόνα 2.59
«Λέει ντιγκ όταν έπρεπε να λέει νταγκ».

Συνεζευγμένες αρμονικές ταλαντώσεις

2.60
Αιωρούμενα ρολόγια

Ένα ρολόι τσέπης, που αιωρείται, θα' πρεπε ν' αλλάξει το ρυθμό με τον οποίο μετράει το χρόνο; Πολλά ρολόγια αυτού του τύπου παθαίνουν κάτι τέτοιο, ενώ είναι ακριβέστατα, όταν δεν κινούνται. Εάν κρεμάσουμε ελεύθερα ένα τέτοιο ρολόι από την αλυσίδα του (εικ. 2.60), θα δούμε ότι θα αρχίσει προοδευτικά να ταλαντώνεται, με συνέπεια να πηγαίνει μπροστά ή να καθυστερεί 10 έως 15 λεπτά κάθε μέρα. Τι δημιουργεί αυτές τις ταλαντώσεις και γιατί το ρολόι απορρυθμίζεται; Τέλος, γιατί μερικά ρολόγια πάνε πίσω, ενώ άλλα «πάνε μπροστά»;



Εικόνα 2.60
Ένα ρολόι τσέπης αιωρείται.

Δονήσεις

Συντονισμός

Στάσιμα κύματα

2.61
Δονήσεις του εδάφους κοντά στους καταρράχτες

Οι καταρράχτες σφυροκοπούν τη γη τόσο πολύ, που ακούμε τις δονήσεις του εδάφους σε μεγάλη απόσταση. Στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει μια δεσπόζουσα συχνότητα, που είναι τόσο υψηλότερη, όσο μικρότερος είναι ο καταρράχτης. Ακριβέστερα, το γινόμενο του ύψους του καταρράχτη επί τη συχνότητα ισούται με το 1/4 της ταχύτητας του ήχου στο νερό.

Γιατί πρέπει να υπάρχει μια κάποια σχέση μεταξύ της συχνότητας και του ύψους του καταρράχτη και γιατί επιτέλους το γινόμενό τους να ισούται με το 1/4 της ταχύτητας του ήχου στο νερό;

Ώθηση

Τρόποι ταλάντωσης

2.62
Πονεμένα χέρια και μπαλάκια του τένις.

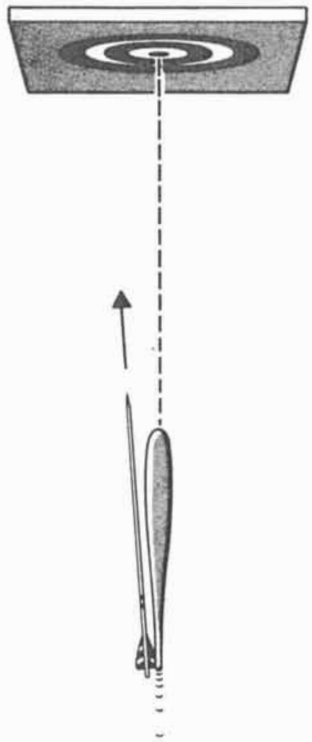
Οι παίχτες του τένις πονάνε κάπου - κάπου, όταν χτυπάνε με τη ρακέτα το μπαλάκι. Ο πόνος εξαρτάται από το σημείο της ρακέτας που χτύπησε το μπαλάκι. Το χτύπημα μπορεί να προκαλέσει και το σπάσιμο της ρακέτας εκτός από τον πόνο στο χέρι του παίχτη. Γιατί παρουσιάζει η ρακέτα τέτοια ευαίσθητα σημεία και πού βρίσκονται αυτά;

Ταλάντωση

2.63
Το παράδοξο του τοξότη

Όποια κι αν είναι η ευθυβολία του τοξότη, όταν εκτινάσσεται το βέλος και η μυτερή του άκρη περνάει τη χειρολαβή του τόξου, παρεκκλίνει πολύ από τη γραμμή σκόπευσης. Η παρέκκλιση αυτή μπορεί να φτάσει τις 7° (εικ. 2.63).

Το παράδοξο του τοξότη είναι πως καταφέρνει, άσχετα απ' όλα αυτά, και βρίσκει το στόχο του το καλοζυγισμένο βέλος. Πώς είναι δυνατό; Πριν απ' όλα, γιατί το βέλος παρεκκλίνει και στη συνέχεια γιατί βρίσκει το στόχο; Πολύ γρήγορες φωτογραφίες της πτήσης του βέλους απέδειξαν ότι το βέλος ακουμπά το τόξο για τελευταία φορά, τη στιγμή, που εκτοξεύεται. Δεν ακουμπά το ξύλο του τόξου ούτε μια φορά από τη στιγμή που η αιχμηρή του άκρη το έχει προσπεράσει. Κι αν όλα αυτά αληθεύουν, γιατί τελικά πετυχαίνει το στόχο του;



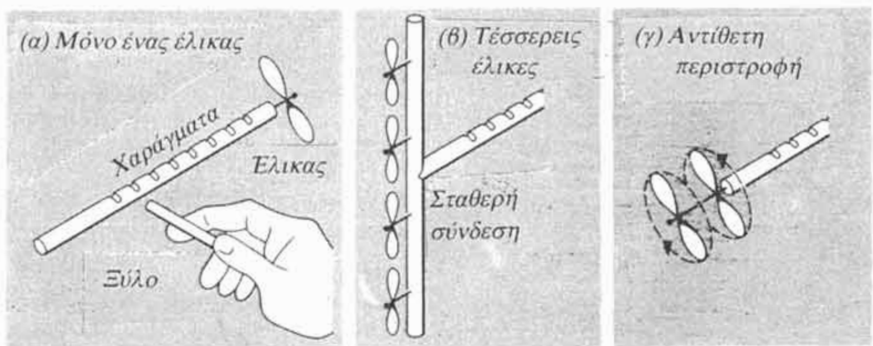
Εικόνα 2.63
Απ' την στιγμή που εκτινάσσεται το βέλος παρεκκλίνει από τη γραμμή σκόπευσης.

2.64
Ο μαγικός ανεμόμυλος

Μπορείτε να κατασκευάσετε εύκολα ένα γοητευτικό παιχνίδι, στερεώνοντας έναν έλικα σ' ένα χαραγμένο ξυλάκι. (εικ. 2.64α). Τα χαράγματα γίνονται σ' όλο το μήκος του ξύλου και ο μικρός έλικας στερεώνεται με μια καρφίτσα στην άκρη του. Έχετε ένα δεύτερο ξυλάκι, για να «χαϊδεύετε» το πρώτο. Κρατώντας το χαραγμένο ξύλο με τον αντίχειρα (πρέπει να είναι από πάνω) και το δείχτη (πρέπει να είναι από κάτω) έτσι ώστε τα χαράγματα να είναι προς τα πάνω, περάστε και ξαναπεράστε ελαφρά το άλλο ξύλο πάνω στα χαράγματα, όπως φαίνεται στην εικ. 2·68α. Ταυτόχρονα πιέστε το χαραγμένο ξύλο με το δείχτη σας. Ο έλικας τότε θα περιστραφεί με μια ορισμένη φορά. Ελαφρώστε την πίεση του αντίχειρα και πιέστε με το δείχτη, διατηρώντας την κίνηση του ξύλου πάνω από τα χαράγματα. Τότε ο έλικας θα αντιστρέψει τη φορά περιστροφής του.

Όταν κάνετε επίδειξη σ' έναν αμύητο, περνάτε ανεπαίσθητα από το δείχτη στον αντίχειρα και δημιουργείτε έτσι ένα μυστήριο γύρω από τις αλλαγές της φοράς περιστροφής. Οποιοσδήποτε άνθρωπος έχει δυνατότητες να καταπιεί απεριόριστο αριθμό από ψέμματα. Εμένα μάλιστα μου αρέσει πολύ να αποδίδω την αλλαγή αυτή στις κοσμικές ακτίνες. Η πρώτη ερώτηση που τίθεται, είναι: γιατί γυρνάει ο έλικας; Στη συνέχεια ακολουθεί η πιο μυστηριώδης, που αφορά τη σχέση ανάμεσα στην πιεζόμενη μεριά του ξύλου και στη φορά περιστροφής.

Εάν χρειάζεστε κάτι πιο εντυπωσιακό, στερεώστε τέσσερεις έλικες αντί για έναν (εικ. 2·64β). Και οι τέσσερεις θα περιστραφούν όμοια και δε θα δούμε καμιά διαφορά. Μια πιο σύνθετη διάταξη είναι να στερεώσετε δύο έλικες μπροστά και δύο έλικες πίσω. (εικ. 2.64γ). Τότε παρατηρείται κάτι πολύ παράξενο. Μπορείτε να περιστρέψετε τους δύο έλικες με φορά όμοια μ' αυτήν των δειχτών του ρολογιού, και τους άλλους δύο αντίθετα· ή ακόμα καλύτερα, μπορείτε να κάνετε τον κάθε έλικα να γυρνάει διαφορετικά από τον άλλο.



Εικόνα 2.64
Ο μαγικός ανεμόμυλος (Από R.W. Leonard, Am. J. Phys., 5, 175, 1937).

Γυροσκοπική κίνηση (2.65 έως 2.69)

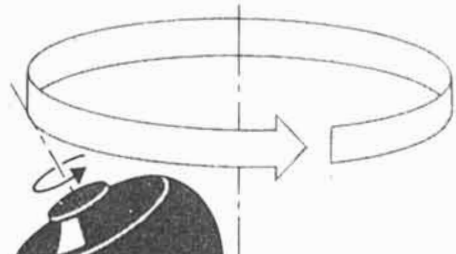
Ροπή　Μετάπτωση

Στροφορμή

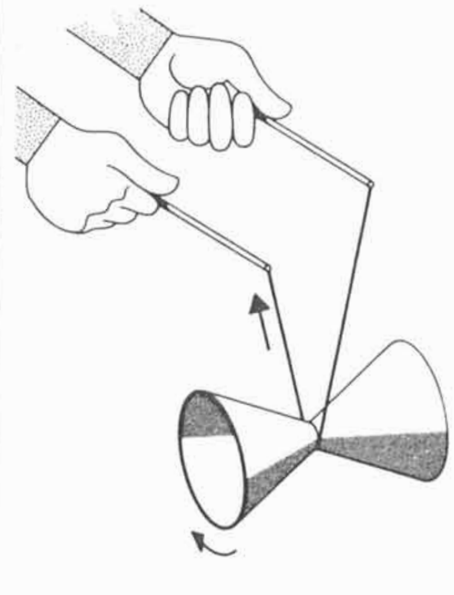
2.65
Η προσωπικότητα μιας σβούρας

Γιατί μια περιστρεφόμενη σβούρα ισορροπεί πάνω στην αιχμή της; Μπορείτε να το εξηγήσετε μόνο με δυνάμεις, χωρίς να βοηθηθείτε από τις έννοιες της ροπής και της στροφορμής; Η σβούρα ισορροπεί παρά τη βαρύτητα, πρέπει συνεπώς να υπάρχει μια κατακόρυφη και αντίθετη δύναμη. Από πού προέρχεται;

Μπορείτε επίσης να εξηγήσετε την αναμφίβολα ξεχωριστή «προσωπικότητα», που εμφανίζει κάθε σβούρα; Μερικές κοιμούνται, δηλ. μένουν συνέχεια όρθιες, άλλες τρεκλίζουν σαν μεθυσμένες. (εικ. 2·65). Άλλες αναταράσσονται και μετά κινούνται ήρεμα. Μερικές σταματούν σιγά - σιγά ενώ άλλες ακινητοποιούνται ξαφνικά. Πώς εξηγείτε τα τόσα ανόμοια είδη συμπεριφοράς;



Εικόνα 2.65
Κατά τη μετάπτωση της σβούρας ο άξονάς της περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονα.



Εικόνα 2.66

2.66
Το «ντιαμπολό»

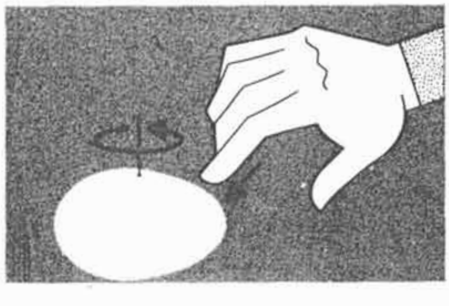
Το «ντιαμπολό» είναι ένα παλιό παιχνίδι, που αποτελείται από δύο κώνους ενωμένους στις κορυφές τους, που περιστρέφονται με τη βοήθεια ενός σπάγγου, στερεωμένου στα άκρα δύο λεπτών ξύλινων λαβών (εικ. 2·66). Μπορούμε να περιστρέφουμε αυτό το καρούλι, ανεβοκατεβάζοντας απαλά και συνέχεια το δεξί μας χέρι. Γιατί, όμως, ισορροπεί ευσταθέστερα το καρούλι στο σπάγγο, όταν περιστρέφεται;

Τόσο μάλιστα που μπορείτε να κάνετε και διορθώσεις στην κίνησή του, αν θέλετε. Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι το καρούλι αρχίζει να γέρνει προς τη μεριά σας. Πώς θα κινήσετε τις λαβές για να του ξαναδώσετε την οριζόντια θέση; Ή ας υποθέσουμε ότι θέλετε να το στρίψετε προς τα αριστερά· τι θα κάνετε;

2.67
Τα περιστρεφόμενα αυγά

Μπορείτε να εξετάσετε, εφόσον αμφιβάλλετε, εάν ένα αυγό είναι ωμό ή βρασμένο, περιστρέφοντάς το. Το βρασμένο θα κρατήσει σταθερό τον άξονα περιστροφής του, ενώ το ωμό όχι. Γιατί;

Υπάρχει και άλλη μέθοδος. Δίνετε μια περιστροφική ώθηση στο αυγό· το σταματάτε με το δάχτυλό σας και αμέσως το αφήνετε (εικ. 2·67). Το βρασμένο αυγό θα μείνει ακίνητο, ενώ το ωμό θα ξαναρχίσει να γυρνάει. Γιατί;

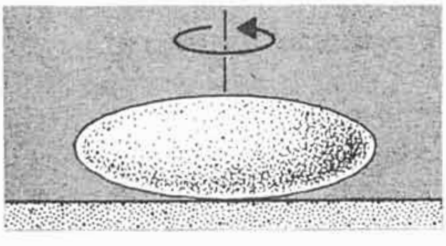


Εικόνα 2.67
Πώς καταλαβαίνουμε αν ένα αυγό είναι ωμό.

2.68
Οι ατίθασοι «κέλτες»

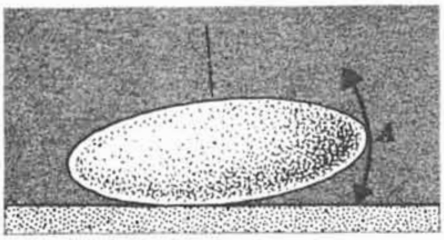
Μερικά λίθινα εργαλεία, που κατασκευάστηκαν από πρωτόγονους ανθρώπους στην Αγγλία έχουν περίεργη συμπεριφορά, όταν τα περιστρέφουμε πάνω σ' ένα τραπέζι.

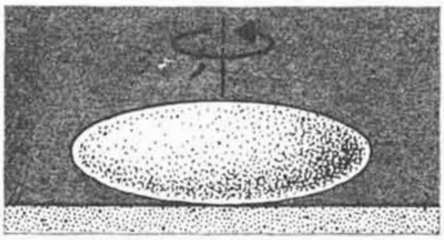
Αυτές οι πέτρες ονομάζονται «κέλτες» και έχουν συνήθως σχήμα ελλειψοειδές. Όταν τις περιστρέψετε γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα, μερικές συμπεριφέρονται όπως θα περιμένατε, άλλες όμως συμπεριφέρονται κανονικά μόνο κατά τη μία φορά πε-



Εικόνα 2.68α
Ο περιστρεφόμενος κέλτης

ριστροφής. Εάν περιστρέψετε αυτούς τους παράξενους κέλτες κατά την αντίθετη φορά, επιβραδύνονται, ακινητοποιούνται, ταλαντώνονται για λίγα δευτερόλεπτα και μετά ξαναρχίζουν να περιστρέφονται κατά τη φορά, που προτιμούν. Αυτή η προνομιακή φορά περιστροφής ποικίλλει από τη μια πέτρα στην άλλη. Εάν χτυπήσετε ελαφρά μια απ' αυτές στο σημείο Α της εικ. 2·68β για παράδειγμα, θα ταλαντωθεί για λίγο αλλά γρήγορα οι ταλαντώσεις θα σταματήσουν και θα αρχίσει να περιστρέφεται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα. Δοκιμάστε να κατασκευάσετε ένα είδος κέλτη από ξύλο, που να επιδεικνύει μια τόσο ανυπόταχτη φύση. Ποια είναι η αιτία αυτής της συμπεριφοράς;





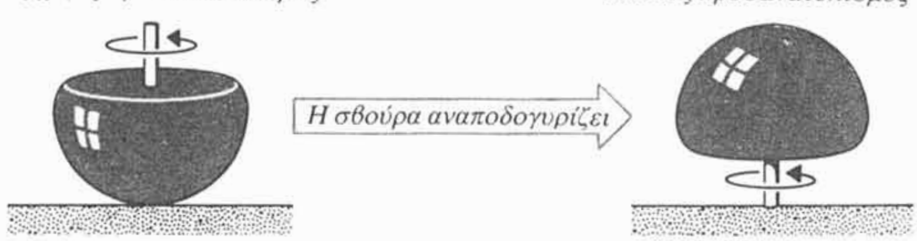
Εικόνα 2.68β
Ο κέλτης αρχικά ταλαντώνεται αλλά σύντομα αρχίζει να περιστρέφεται.

2.69
Αναστρεφόμενες σβούρες

Υπάρχει ένα είδος σβούρας, που η συμπεριφορά του πραγματικά με καταπλήσσει. Έχει ένα σφαιρικό κεφάλι – δηλαδή μια σφαίρα από την οποία λείπει ένα – μικρό κομμάτι – κι ένα στέλεχος σφηνωμένο στη βάση του (εικ. 2.70).

Αν της δώσετε μια περιστροφική ώθηση, ώστε το σφαιρικό κεφάλι να είναι προς τα κάτω, αυτή γρήγορα θα αναποδογυρίσει συνεχίζοντας να περιστρέφεται· μόνο που τώρα θα ακουμπά στο στέλεχος και θα έχει το σφαιρικό της κεφάλι όρθιο, σε πείσμα της βαρύτητας. Πώς αλήθεια τα καταφέρνει; Ποιες είναι οι δυνάμεις που τη βοηθούν να αναστραφεί; Δεν είναι αντίθετο με ό,τι πιστεύατε, το γεγονός ότι η πρώτη θέση περιστροφής αποδεικνύεται ασταθέστερη από την τελική θέση περιστροφής της;

Την ίδια συμπεριφορά παρουσιάζουν οι μπάλες του ράγκμπυ και τα σφιχτά αυγά· δηλαδή θέλουν να περιστρέφονται γύρω από τις «μύτες» τους.



Εικόνα 2.69

Βαρύτητα (2.70 έως 2.75)

Βαρύτητα - Τροχιές -
Κινητική και Δυναμική ενέργεια
Ροπές - Ροπή αδράνειας

2.70
Η ορατή πλευρά του φεγγαριού

Γιατί βλέπουμε μόνο το ένα ημισφαίριο του φεγγαριού; Διότι το φεγγάρι περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του με τέτοιο ρυθμό, ώστε σε κάθε θέση της τροχιάς του γύρω από τη Γη να παρουσιάζει σε μας την ίδια πλευρά.

Πόσο όμως, είναι αυτό μια απλή σύμπτωση;

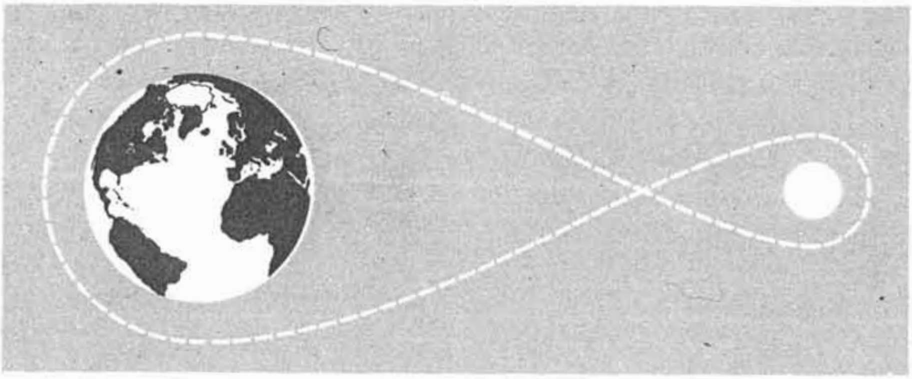
2.71
Δορυφόροι - κατάσκοποι πάνω από τη Μόσχα

Θα ενδιέφερε πολύ τις Ηνωμένες Πολιτείες να πληροφορούνται όσα συμβαίνουν στη Ρωσία. Γι' αυτό και εκτοξεύουν πάνω της δορυφόρους - κατάσκοπους με φωτογραφικές μηχανές μεγάλης εμβέλειας. Πιο πολύ βέβαια θα ικανοποιούνταν, αν μπορούσαν να διατηρούν επί μονίμου βάσεως ένα δορυφόρο ακριβώς πάνω από τη Μόσχα, 24 ώρες το 24ωρο. Γιατί όμως αυτό είναι αδύνατο; Γιατί αντί γι' αυτό οι Ηνωμένες Πολιτείες βάζουν σε τροχιά μια σειρά από δορυφόρους, των οποίων οι χρόνοι πτήσης πάνω από τη Μόσχα επικαλύπτονται εν μέρει;

2.72

Το μεγάλο σεληνιακό 8

Όταν οι αστροναύτες ταξιδεύουν στη Σελήνη, η τροχιά τους στη διαδρομή: Γη - Σελήνη - Γη, έχει σχήμα 8 αντί έλλειψης (εικ. 2.72). Γιατί; Μήπως στην τροχιά σχήματος 8 η ενέργεια που χρειάζεται, για να κινηθεί το διαστημόπλοιο, είναι λιγότερη;



Εικόνα 2.72

2.75

Η αντίσταση του αέρα επιταχύνει τους δορυφόρους

Οι τεχνιτοί δορυφόροι δεν περιστρέφονται γύρω από τη Γη αιωνίως. Η γήϊνη ατμόσφαιρα, όσο αραιή κι αν είναι εκεί πάνω, τους αναγκάζει τελικά να πέσουν.

Γνωρίζετε όμως ότι η γραμμική ταχύτητα ενός δορυφόρου σε σχεδόν κυκλική κίνηση αυξάνει λόγω της αντίστασης του αέρα; Πώς εξηγείται κάτι τέτοιο; Ο δορυφόρος θα αποκτήσει επιτάχυνση, που το μέτρο της θα ήταν ίδιο με αυτό που θα είχε, εάν η τριβή του αέρα «αναποδογυριζόταν» και ωθούσε το δορυφόρο αντί να τον φρενάρει. Πώς, όμως γίνεται αυτό;

2.73

Οι έλξεις Γης και Ήλιου στη Σελήνη

Πόσο μεγάλη νομίζετε ότι είναι η έλξη του Ήλιου στη Σελήνη, σε σχέση με την έλξη της Γης στη Σελήνη; Μια πρώτη σας σκέψη θα είναι ότι ο Ήλιος δεν καταφέρνει να πάρει κοντά του τη Σελήνη, επομένως η Γη την τραβάει με μεγαλύτερη δύναμη. Αν και σας φαίνεται λογικό αυτό, εντούτοις είναι εντελώς λανθασμένο. Ο Ήλιος έλκει με διπλάσια τουλάχιστον δύναμη τη Σελήνη απ' ό,τι η Γη. Γιατί λοιπόν δεν καταφέρνει να της την κλέψει παίρνοντάς την κοντά του;

2.74

Χαρτογραφώντας την Ινδία

Έχω διαβάσει ότι είναι δύσκολο να χαρτογραφηθεί η Ινδία, διότι τα μολυβένια ελάσματα που χρησιμοποιούνται στην αναγνώριση, έλκονται προς τα βόρεια από τα Ιμαλάϊα και δεν κατευθύνονται προς το κέντρο της Γης. Είναι αυτό αληθινό; Πόση ένταση έχει αυτό το φαινόμενο; Είναι τόσο μεγάλη ώστε να αλλοιώνει την μεγάλης κλίμακας χαρτογράφηση;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3


ΜΗΤ
G.ΚΑΡΑΜΕΤΟΣ

"το πιο θερμό
καλοριφέρ
είν' τα φιλιά..."

* Από το ρεμπέτικο «Ήρθ' ο Χειμώνας» του Π. Τούντα σε στίχους Κ. Κοφινιώτη· το πρωτοτραγούδησε το 1945 ο Στράτος Παγιουμτζής.

Πίεση
(3.1 έως 3.9)

Νόμος του Boyle - Μερική πίεση

Ατμοσφαιρική και υδροστατική πίεση

3.1
Μια τροφαντή αεροσυνοδός

Los Angeles (Assosiated Press):

«Τι θα συμβεί σε μια αεροσυνοδό που φοράει σουτιέν φουσκωμένο με αέρα, αν πέσει η πίεση μέσα στο αεροπλάνο; Αυτό ακριβώς που σκεφτήκατε· θα φουσκώσει!» Όπως έγραψε ο αρθρογράφος της Los Angeles Times κ. Matt Weinstock, αυτή η «επιστήθια» συγκυρία έγινε κατά τη διάρκεια μιας πτήσης προς το Los Angeles.

Φυσικά ο αρθρογράφος δεν αναφέρει από λεπτότητα ούτε το όνομα της κοπέλας ούτε της εταιρίας.

«Όταν λοιπόν η περίμετρος του στήθους της έφτασε στο «46», επιχείρησε με απόγνωση η κοπέλα να βρει λύση. Πάνω στην ταραχή της άρπαξε μια καρφίτσα από το καπέλο κάποιας επιβάτισσας και προσπάθησε να τρυπηθεί στο επίμαχο σημείο.

Ένας αλλοδαπός συνεπιβάτης παρεξήγησε τις διαθέσεις της. Φαντάστηκε ότι ήθελε να κάνει «χαρακίρι» με πολύ βάρβαρο τρόπο. Ρίχτηκε πάνω της για να αποσοβήσει τον κίνδυνο του τρυπήματος. Η ηρεμία αποκαταστάθηκε σύντομα στο αεροπλάνο, τα γέλια όμως δεν σταμάτησαν». Ο Weinstock επιμένει ότι όλα αυτά είναι αληθινά. «Ευτυχώς που δεν κατασκευάζονται φουσκωτά σουτιέν, που να μη σκάζουν, συμπληρώνει το Associated Press.»

Μπορείτε, τώρα εσείς, να υπολογίσετε την περίμετρο του στήθους της αεροσυνοδού σε συνάρτηση με το ύψος πτήσης του αεροπλάνου;

3.2
Γλυκίσματα μεγάλου υψομέτρου

Γιατί η συνταγή αλλάζει, όταν παρασκευάζετε ένα κέικ σε υψόμετρο πάνω από 1200m; Για νάχετε εύγευστο αποτέλεσμα, χρειάζεται πιο πολύ αλεύρι, πιο πολύ νερό και θερμοκρασία ψησίματος μεγαλύτερη.

Πίεση

Υγρασία

3.3
Το ελβετικό βαρόμετρο

Το πιο μαγευτικό απ' όλα τα αντικείμενα που έχει η γιαγιά μου, είναι ένα ελβετικό βαρόμετρο. Όταν κατεβαίνει η ατμοσφαιρική πίεση, βγαίνει ένα ανθρωπάκι από το μικροσκοπικό σπιτάκι που περιέχει το βαρόμετρο. Όταν ο καιρός είναι καλός βγαίνει μια μικρή γυναίκα.

Πώς λειτουργεί αυτό το βαρόμετρο; Μετρά πράγματι την ατμοσφαιρική πίεση; Παρατήρησα πως, όταν το μεταφέρω στο μπάνιο, προβλέπει πάντα άσχημο καιρό. Γιατί;

3.4
Πηγάδια και καταιγίδες

Η γιαγιά μου υποστηρίζει ότι η άντληση του νερού από το πηγάδι γίνεται πιο εύκολα, όταν ο καιρός είναι βροχερός, παράλληλα όμως ότι το νερό δεν πίνεται γιατί έχουν αυξηθεί σ' αυτό τα αιωρούμενα σωματίδια. Λέει επίσης ότι συμβαίνει αυτό είτε βρέξει στη συνέχεια είτε όχι. Άλλοι έχουν παρατηρήσει ότι η πίεση του νερού στα αρτεσιανά φρέατα αυξάνει, όταν ο καιρός προμηνύει θύελλα, ανεξάρτητα αν βρέξει ή όχι. Τα πηγάδια αυτά επηρεάζονται από μόνο το γεγονός ότι πλησιάζουν οι καταιγίδες; Θα μπορούσε να συμβεί και το αντίθετο φαινόμενο; Να σταματήσει δηλαδή ένα πηγάδι, που συνήθως αναβλύζει κανονικά;

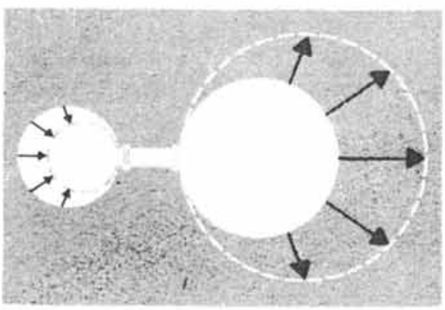
Ελαστικότητα

Επιφανειακή τάση

3.5
Ένα μπαλόνι που φουσκώνει ένα άλλο

Φουσκώστε δυο όμοια μπαλόνια, το ένα περισσότερο από το άλλο. Προσέξτε να μην ξεφουσκώσουν, μέχρι να τα ενώσετε μ' ένα μικρό σωληνάκι, όπως στην εικόνα 3.5. Τι θα συμβεί τότε; Το λιγότερο φουσκωμένο θα εξομοιωθεί με το άλλο; Αυτή πρέπει να είναι η πρώτη σας σκέψη. Στην πράξη όμως συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή το λιγότερο φουσκωμένο μπαλόνι φουσκώνει το άλλο. Γιατί;

Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στις σαπουνόφουσκες.



Εικόνα 3.5

3.6
Επανασυμπίεση της Σαμπάνιας

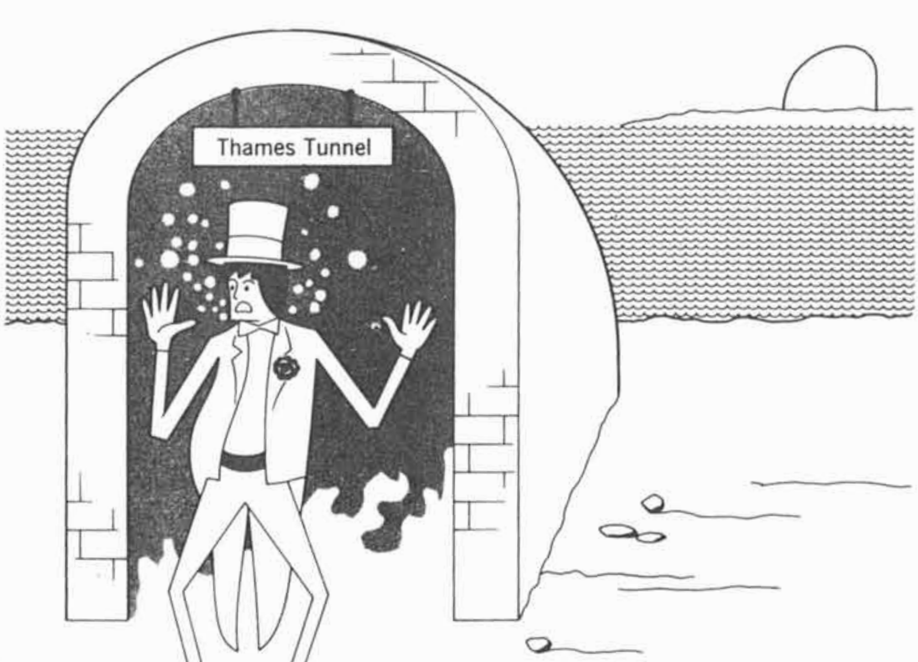
«Στη φοιτητριούλα
που σ' έχει ερωτευτεί
θα σε καταγγείλω
πονηρέ πολιτευτή...»*
Δ. Σαββόπουλος

Όταν περατώθηκε η κατασκευή ενός τούνελ κάτω από τον Τάμεση στο Λονδίνο, οι Λονδρέζοι πολιτικοί γιόρτασαν το γεγονός στο μέσο του τούνελ κάτω από το ποτάμι. Άνοιξαν σαμπάνια αλλά τη βρήκαν άγευστη και χωρίς ζωντάνια.

Όταν ξαναβγήκαν στην επιφάνεια, η σαμπάνια χόρευε στα στομάχια τους, φούσκωνε τα γιλέκα και λίγο έλειψε να βγει ο αέρας της από τα αυτιά τους (εικ. 3.6). Χρειάστηκε μάλιστα να μετακομίσουν άρον - άρον έναν από τους επισήμους στο βαθύτερο σημείο του τούνελ, για να επανασυμπιεσθεί η Σαμπάνια που είχε πιει.

Μπορείτε να εξηγήσετε τι συνέβη στους πολιτικούς;

*Σ.τ.Μ: «Πολιτευτής» από τη συλλογή «Τα λόγια από τα τραγούδια» (Εκδ. Ίκαρος)



Εικόνα 3.6
Ο κίνδυνος της «υπόγειας» σαμπάνιας.

3.7
Επείγουσα ανάδυση

Φανταστείτε ότι μετά από μια κατάδυση, σε πολύ βάθος (30m) χρειάζεται να αναδυθείτε πολύ γρήγορα, γιατί δε σας φτάνει ο αέρας. Ο αέρας που έχετε στα πνευμόνια σας, πρέπει να αρκέσει μέχρι να φτάσετε στην επιφάνεια, διαφορετικά θα πεθάνετε από ασφυξία. Τι θα κάνετε; (Δεν πρόκειται για ερώτηση ακαδημαϊκού χαρακτήρα. Τα πληρώματα των υποβρυχίων εκπαιδεύονται σε τέτοιες αναδύσεις). Θα βγάλετε προοδευτικά τον αέρα που έχουν τα πνευμόνια σας, ή θα τον κρατήσετε όλον μέσα; Είναι σίγουρα προτιμότερο να εκπνέετε, διότι διαφορετικά δε θα καταφέρετε να αναδυθείτε. Σε νεοφώτιστους δύτες συμβαίνει να χάνουν τη ζωή τους, διότι από απειρία δεν έβγαλαν τον αέρα από τα πνευμόνια τους, όταν αναδύονταν. Γιατί;

Υποστηρίζεται ότι η απόλυτη ανάγκη για μια εισπνοή κατά την ανάδυση οφείλεται στη μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα που περιέχεται στα πνευμόνια και όχι στον όγκο του. Μερικοί ερευνητές έβγαλαν το συμπέρασμα πως το πιο επικίνδυνο και κρίσιμο στάδιο της ανάδυσης βρίσκεται σε ενδιάμεσα βάθη και όχι κοντά στην επιφάνεια του νερού.

Επίσης ότι, όταν αυτό το βάθος ξεπεραστεί, η ανάγκη για εισπνοή μειώνεται σημαντικά. Γιατί; Ποιο είναι το κρίσιμο βάθος; Με ποια ταχύτητα πρέπει να αναδύεστε; Είναι δυνατό να αναδυθείτε πολύ γρήγορα προς την επιφάνεια του νερού; Αν ναι, ποια είναι η λογική ταχύτητα;

3.8
Σπηλιές

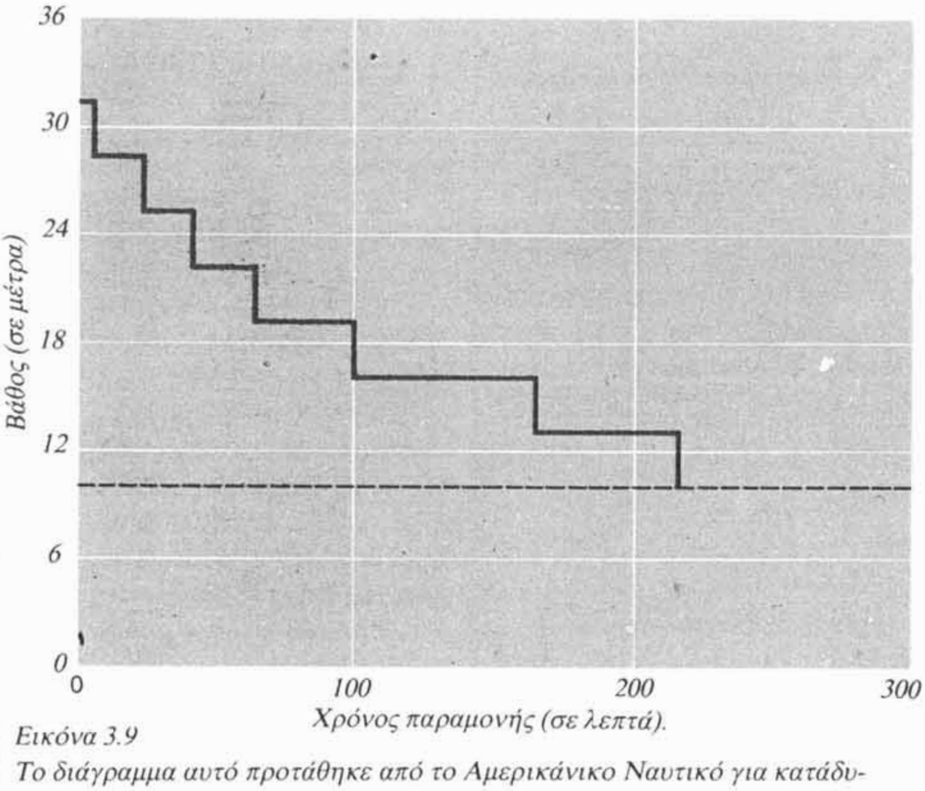
Έχετε την εντύπωση αναμφίβολα ότι οι σπηλιές είναι γεμάτες από ακίνητο αέρα. Μερικές είναι. Υπάρχουν όμως αρκετές άλλες, γνωστές στους σπηλαιολόγους, που στην είσοδό της φυσά μανιασμένος αέρας. Γιατί; Οι σπηλιές που «αναπνέουν» είναι ακόμα πιο παράξενες· ο αέρας φυσά διαδοχικά για λίγη ώρα προς τα μέσα και μετά προς τα έξω. Τι προκαλεί αυτό το πήγαινε - έλα;

3.9
Διάγραμμα αποσυμπίεσης

Η ανάδυση των δυτών από μεγάλα βάθη γίνεται πάντα κάτω από την απειλή «της ασθένειας των δυτών». Αυτή οφείλεται στο σχηματισμό φυσαλίδων αζώτου στους ιστούς, το οποίο είχε διαλυθεί σ' αυτούς κατά την κατάδυση. Η αρρώστια αυτή είναι πολύ επώδυνη διότι προκαλεί παράλυση ή ακόμα και το θάνατο.

Η ανάδυση πρέπει να γίνεται αργά, ώστε το άζωτο να ελευθερώνεται από τους ιστούς χωρίς να δημιουργεί φυσαλίδες. Ίσως έχετε δει στον κινηματογράφο τους δύτες που κάνουν στάσεις την ώρα της ανάδυσης. Σε ποιο σημείο πιστεύετε ότι πρέπει να γίνει η πιο μακρόχρονη στάση; Κοντά στην επιφάνεια, όπου η πίεση είναι η ατμοσφαιρική, κοντά στο βυθό, ή σ' ένα βάθος ενδιάμεσο;

Το πρώτο ενδεχόμενο το αποκλείω χωρίς ενδοιασμούς, αν και το διάγραμμα αποσυμπίεσης της εικόνας 3.9 δείχνει το αντίθετο. Οι πιο μακροχρόνιες στάσεις είναι αυτές που γίνονται κοντά στην επιφάνεια. Γιατί; Ποιο είναι το μέγιστο βάθος μιας κατάδυσης, η οποία επιτρέπει ανάδυση χωρίς στάση;



Εικόνα 3.9
Το διάγραμμα αυτό προτάθηκε από το Αμερικάνικο Ναυτικό για κατάδυση μιας ώρας σε βάθος 60 μέτρων.

Θερμικές διαστολές και συστολές (3.10 έως 3.15)

3.10
Το ζεστό νερό κάνει στάση

Όταν ανοίγω το διακόπτη του ζεστού νερού η παροχή λιγοστεύει προοδευτικά και μερικές φορές παύει να «τρέχει».

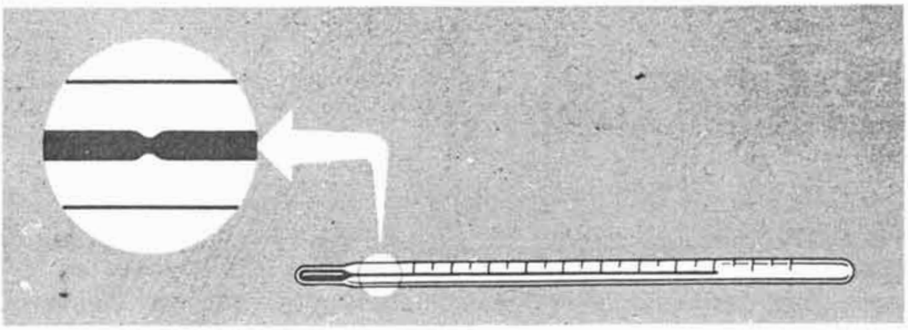
Αυτό δε συμβαίνει με το κρύο νερό.

Γιατί όμως το ζεστό νερό είναι τόσο «άτακτο»; Και γιατί συμπεριφέρεται έτσι, όταν ανοίγω το διακόπτη για πρώτη φορά και όχι όταν τον ανοίγω αμέσως μετά το κλείσιμο;

3.11
Οι σωλήνες που σπάζουν

Γιατί οι αγωγοί του νερού σπάνε το χειμώνα; Εάν το πάγωμα του νερού στο εσωτερικό τοίχωμα του σωλήνα ήταν το μοναδικό φαινόμενο που συμβαίνει, τότε αυτός δε θα δεχόταν τέτοια καταπόνηση, ώστε να σπάσει. Άλλωστε το σπάσιμο γίνεται μετά το πάγωμα του νερού. Ρωτώ λοιπόν για άλλη μια φορά ποια είναι η αιτία του σπασίματος.

Μας συμφέρει, όπως κάνουν μερικοί, να αφήνουμε τους εξωτερικούς διακόπτες να στάζουν; Τέλος είναι σωστή η υπάρχουσα αντίληψη πως οι σωλήνες του ζεστού νερού σπάζουν πολύ πιο συχνά απ' ό,τι αυτοί του κρύου;



Εικόνα 3.12

3.12
Το ιατρικό θερμόμετρο

Όταν μετράτε τη θερμοκρασία σας, η θερμότητα του σώματός σας αναγκάζει τον υδράργυρο να διασταλεί. Γιατί η ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου δεν κατεβαίνει στην αρχική του θέση, όταν βγάζετε το θερμόμετρο; Θα μου πείτε πως τον «στραγγαλίζει» ένα στένεμα του σωλήνα (εικ. 3.12). Αλλά γιατί; Δεν πέρασε από κει ο υδράργυρος, όταν διαστελλόταν; Γιατί δε συμβαίνει το ίδιο, όταν συστέλλεται; Γιατί η ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου για μια στιγμή κατεβαίνει, όταν το θερμόμετρο βυθίζεται σε ζεστό νερό; (Αν θελήσετε να πειραματιστείτε με το ζεστό νερό, προσέξτε την υπερθέρμανση διότι θα μείνετε χωρίς θερμόμετρο).

3.14
Η ταχύτητα του ρολογιού

Εφόσον διαστέλλονται τα μέταλλα, όταν θερμαίνονται, και εφόσον τα ελατήρια των ρολογιών είναι μεταλλικά, δεν πρέπει τα ρολόγια να δουλεύουν με διαφορετική ταχύτητα στο ζεστό και διαφορετική ταχύτητα στο κρύο νερό;

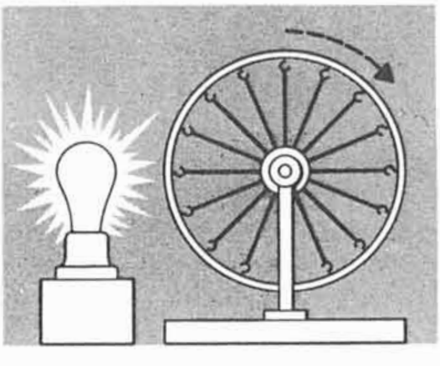
Άνωση

Μη γραμμικές ταλαντώσεις

3.13
Θερμαίνοντας ένα λαστιχένιο σώμα

Τεντώστε ένα ξεφούσκωτο μπαλόνι και ακουμπήστε το στο μάγουλό σας. Θα σας φανεί ζεστό. Αφήστε το στη συνέχεια να επανέλθει στο φυσιολογικό του μέγεθος. Θα σας φανεί ψυχρό. Γιατί;

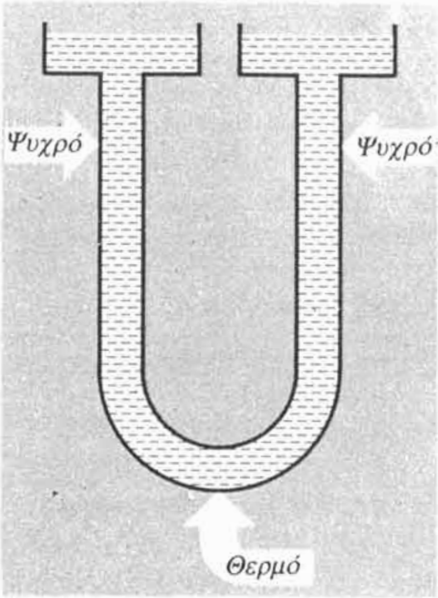
Εάν ζεστάνετε ένα λαστιχένιο σώμα συστέλλεται. Γιατί συμπεριφέρεται τελείως αντίθετα από τα μέταλλα; Σε τι διαφέρει η δομή ενός λάστιχου και ενός μετάλλου; Η εικόνα 3.13 παρουσιάζει έναν κινητήρα από ελαστικό, η λειτουργία του οποίου στηρίζεται σ' αυτήν την ιδιότητα. Οι ακτίνες της ρόδας είναι λάστιχα και συστέλλονται, όταν ζεσταθούν. Έτσι η μετατόπιση του κέντρου βάρους προκαλεί την περιστροφή της ρόδας.



Εικόνα 3.13
Ένας κινητήρας από λάστιχο.
(Ανατυπώνεται με την άδεια του Feynman από το Feynman Lectures on Physics, τόμος 1, 1963, Addison - Wesley, Reading, Mass.)

3.15
Ταλαντώσεις μέσα σε σωλήνα σχήματος U.

Εάν θερμανθεί στο μέσο και ψυχθεί στις άκρες, ένας σωλήνας σχήματος U, αφού γεμίσει με νερό (εικ. 3.15), το νερό αρχίζει να ταλαντώνεται από το ένα σκέλος στο άλλο. (Πρέπει να προβλε-



Εικόνα 3.15
Το νερό θα ταλαντώνεται από σκέλος σε σκέλος.
(Από P. Welander, Tellus, 9, 419, 1957)

φθούν δεξαμενές που έχουν επιφάνεια επαφής μεταξύ του αέρα και του νερού μεγαλύτερη από μια κρίσιμη τιμή). Η μεγαλύτερη απομάκρυνση της ελεύθερης επιφάνειας του νερού είναι της τάξης του ενός mm και η περίοδος της ταλάντωσης κυμαίνεται από 20 δευτερόλεπτα έως 4 ώρες και εξαρτάται μεταξύ άλλων από τη διατομή του σωλήνα.

Οι υδάτινες αυτές ταλαντώσεις δε σας παραξενεύουν, αν ληφθεί υπόψη η συμμετρία του συστήματος; Ποια είναι η αιτία της δημιουργίας αυτών των ταλαντώσεων και ποιες παράμετροι καθορίζουν την περίοδό τους;

Αδιαβατική μεταβολή

3.16

Το ζέσταμα της τρόμπας των ποδηλάτων

Γιατί ζεσταίνεται η βαλβίδα μιας τρόμπας ποδηλάτου, όταν φουσκώνετε το λάστιχο;

Οφείλεται στην τριβή του αέρα, τον οποίο εξωθούμε από την τρόμπα; Ίσως· εάν όμως χρησιμοποιήσετε τον πεπιεσμένο αέρα που διαθέτουν τα πρατήρια βενζίνης, η βαλβίδα συνήθως δε ζεσταίνεται. Γιατί;

Υγροποίηση

3.17

Η χλωρίδα της δυτικής πλαγιάς

Στις ΗΠΑ η βλάστηση είναι πιο πυκνή στις δυτικές πλαγιές των λόφων και των βουνών απ' ό,τι στις ανατολικές. Γιατί; Συναντάμε επίσης ακραίες περιπτώσεις, όπου η ανατολική πλαγιά είναι τελείως φαλακρή, ενώ η δυτική είναι καλυμμένη με πλούσια βλάστηση.

Αδιαβατικές μεταβολές

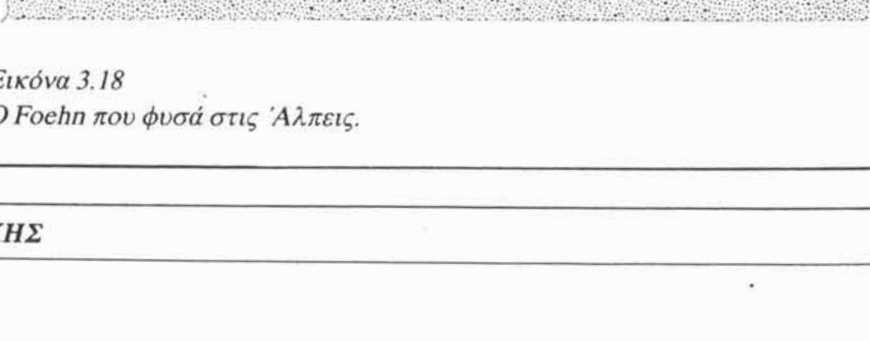
3.18

Ο άνεμος Foehn και η παράκρουση

Ο Foehn είναι ζεστός και ξερός άνεμος που κατεβαίνει από τις κορφές των βουνών προς τις κοιλάδες των Ελβετικών και Τυρολέζικων Άλπεων (εικ. 3·18). Το παράδοξο είναι ότι ο ζεστός άνεμος κατεβαίνει από το *κρύο* βουνό. Εξάλλου δε θα' πρεπε ο ζεστός αέρας να ανεβαίνει και όχι να κατεβαίνει; Οι άνεμοι αυτοί ονομάζονται στη μετεωρολογία «άνεμοι τύπου Foehn» και δε συναντώνται μόνο στις Ελβετικές και τις Τυρολέζικες Άλπεις. Στα Βραχώδη Όρη τους ονομάζουν Chinook και ο μύθος αποδίδει στη θερμότητα των φαντασμάτων των Ινδιάνων, που θάφτηκαν στα βουνά. Στις γαλλικές Άλπεις ονομάζονται Lombarde, στην Κεϋλάνη Kachchan, στην Ν. Αφρική Bergwind, στην Καλιφόρνια Santa Ana, σ' άλλες χώρες τους δίνουν άλλα ονόματα*. Όλοι έχουν την ίδια ιδιότητα, είναι δηλαδή ξεροί και θερμοί.

Όλοι έχουν επίσης ένα αμφιλεγόμενο χαρακτηριστικό. Λέγεται ότι κάνουν τους ανθρώπους και τα ζώα να τρελαίνονται. Όταν φυσούν, ο αριθμός των εγκλημάτων μεγαλώνει, οι βιασμοί και οι δολοφονίες είναι πιο συχνές, γίνονται περισσότερα αυτοκινητιστικά ατυχήματα και γενικά οι άνθρωποι συμπεριφέρονται παράλογα. Ίσως να είναι όλα αυτά παραμύθια της Χαλιμάς, ίσως όμως να έχουν και κάποια δόση αλήθειας. Αλλά πώς είναι δυνατόν; ένας ζεστός αέρας να επηρεάζει την ανθρώπινη φυσιολογία; Υπάρχει κάποια αιτία, που να βασίζεται στην Φυσική και να εξηγεί αυτή την παράλογη συμπεριφορά;

*Σ· τ· Μ: Στην Ελλάδα ονομάζεται Λίβας.



Εικόνα 3.18
Ο Foehn που φυσά στις Άλπεις.

3.19

Ομίχλη από σαμπάνια

Έχετε παρατηρήσει μια αχνή ομίχλη που δημιουργείται, όταν ανοίγουμε σαμπάνια ή οποιδήποτε άλλο αεριούχο ποτό, αφού το έχουμε παγώσει καλά; Ποια είναι η αιτία της ομίχλης αυτής;



Εικόνα 3.19

3.20

Ανοιχτό Αυτοκίνητο

Ευτυχισμένος όποιος έχει φιλικές σχέσεις με κάτοχο ανοιχτού αυτοκινήτου. Το μυαλό σας τώρα ας πάει στους καύσωνες του καλοκαιριού. Το αεράκι που θα τον χτυπά στο πρόσωπο, καθώς θα ταξιδεύει, είναι ένα καλό αντίδοτο για τη ζέστη. Έχετε την εντύπωση ότι δροσίζεστε, αν και ένα θερμόμετρο θα δείξει την ίδια θερμοκρασία, είτε κινείται είτε όχι το αυτοκίνητο. Ή όχι; Δοκιμάστε. Βάλτε ένα θερμόμετρο στο πίσω κάθισμα και μετρήστε τη θερμοκρασία, όταν το αυτοκίνητο είναι σταματημένο και όταν τρέχει. Θα παρατηρήστε ότι η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη κατά 0,5° C, όταν δεν τρέχει. Γιατί;

Αδιαβατική μεταβολή

Απορρόφηση ακτινοβολίας

3.21

Η κοιλάδα του Θανάτου

Η Κοιλάδα του Θανάτου (ή Death Valley), είναι ταυτόχρονα το πιο χαμηλό σημείο της αμερικανικής ηπείρου και το πιο ζεστό μέρος της γης. Η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει και να διατηρηθεί για πολλές μέρες στους 50° C. Μια φορά μάλιστα το θερμόμετρο έδειξε 57° C. Δεν είναι παράδοξο από την άποψη της φυσικής ένα τόσο χαμηλό μέρος να είναι τόσο ζεστό; Γνωρίζοντας ότι ο ζεστός αέρας ανεβαίνει, ότι ο κρύος κατεβαίνει, και ότι η κοιλάδα περιβάλλεται από βουνά, που οι κορυφές τους είναι ψυχρές, δε θάπρεπε σ' αυτήν να είχε δροσερό καιρό;

Αδιαβατική μεταβολή

Υγροποίηση

Λανθάνουσα θερμότητα

Ακτινοβολία

3.22

Το κρύο στις βουνοκορφές

Γιατί κάνει κρύο στις βουνοκορφές; Η ηλιακή θερμότητα ανά μονάδα επιφανείας σ' αυτές είναι η ίδια με αυτή στο επίπεδο της θάλασσας; Και ο κρύος αέρας δεν θα έπρεπε να κατεβαίνει;

Υγροποίηση

Άνωση

Αδιαβατική μεταβολή

3.23

Η συνοχή του σύννεφου

Τι εξασφαλίζει τη συνοχή ενός σύννεφου; Ή γιατί κάποιες συννεφιασμένες μέρες, άλλα μέρη του ουρανού είναι καλυμμένα με σύννεφα και άλλα όχι; Μια κατανομή των σύννεφων στον ουρανό περισσότερο ομοιόμορφη, δε θα σας φαινόταν πιο φυσιολογική;

3.24

Πυρηνικά μανιτάρια

«Είμαστε εκατομμύρια άντρες και γυναίκες σ' όλο τον κόσμο που υπερασπιζόμαστε την υπόθεση της ειρήνης. Το περιστέρι, σήμερα, είναι πιο δυνατό απ' το γεράκι του πολέμου.»*

Π. Πικάσο

Γιατί μια μεγάλη έκρηξη στο έδαφος, είτε είναι πυρηνική είτε όχι, παράγει ένα σύννεφο με σχήμα μανιταριού;

***Σ.τ.Μ: «Γράμμα σ' ένα Ισπανό καλλιτέχνη» από το βιβλίο «Τα γραφτά του Πικάσο» (Εκδ. Οδυσσέας)**

Δημιουργία σύννεφων

Σταθερότητα

Άνωση

3.25

Τρύπες στα σύννεφα

Μερικές φορές παρατηρούνται μυστηριώδεις κυκλικές οπές σε ομοιόμορφους σχηματισμούς

σύννεφων. Φαίνεται ότι αυτά τα ανοίγματα που είναι αρκετά μεγάλα, δεν οφείλονται μόνο σε μια τυχαία κατανομή των σύννεφων.

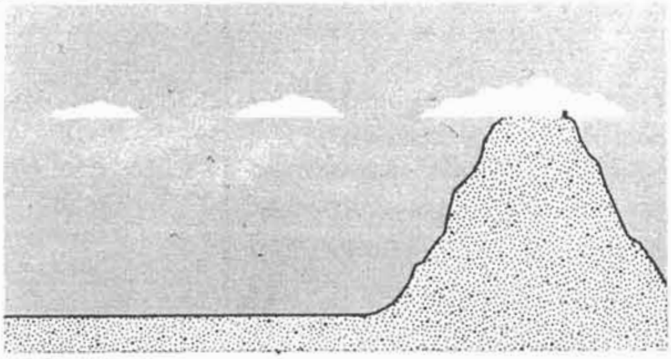
Οι εξηγήσεις που προτάθηκαν, υποστηρίζουν πως οφείλονται είτε σε φλεγόμενο μετεωρίτη είτε σε σχηματισμό τυχαίο ή και αναγκαίο.

Πώς ακριβώς η μια από τις παραπάνω εξηγήσεις μπορεί να δικαιολογήσει την ύπαρξη αυτών των οπών;

Δημιουργία σύννεφων



Εικόνα 3.26α
Δύο τύποι σύννεφων στη κορυφή ενός βουνού.



Εικόνα 3.26β
Κυματοειδές σύννεφο στη κορυφή ενός βουνού.

3.26
Σύννεφα στα βουνά

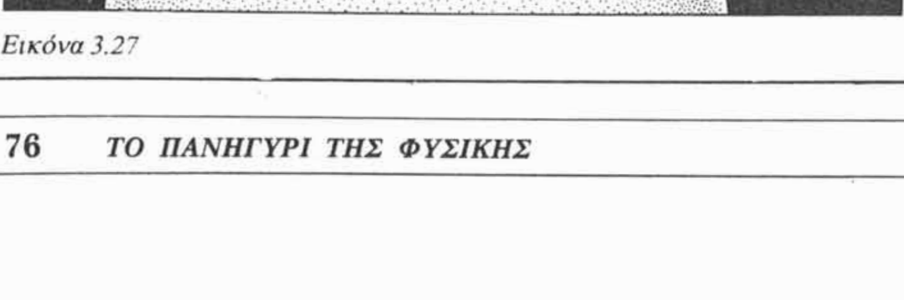
Αν έχετε ζήσει σε βουνό, θα έχετε ίσως παρατηρήσει ακίνητα σύννεφα στις κορυφές τους. Δύο είδη αναπαριστάνονται στην εικόνα 3.26α. Ποια είναι η αιτία αυτών των σχηματισμών; Πιο παράξενοι είναι οι περιοδικοί σχηματισμοί σύννεφων που εμφανίζονται μερικές φορές κοντά στις βουνοκορφές (εικ. 3.26β). Τι καθορίζει την περιοδικότητά τους στο χώρο;

Κρουστικό κύμα

Υγροποίηση

3.27
Το σφαιρικό σύννεφο μιας ατομικής βόμβας

Ένα λεπτό σφαιρικό σύννεφο συνοδεύει μερικές φορές μια ατομική έκρηξη (εικ. 3.27). Ποια είναι η αιτία της δημιουργίας του; Με ποιά ταχύτητα μεγαλώνει ένα τέτοιο σύννεφο; Μπορεί να εξασθενήσει σημαντικά τις ακτινοβολίες, που παράγονται από την έκρηξη;



Εικόνα 3.27

Απορρόφηση

Άνωση

Υγροποίηση

Εξάτμιση

3.28
«Φλεγόμενα» σύννεφα

Όταν τα σύννεφα κάλυπταν σε χαμηλό ύψος τον ουρανό τα καλοκαιριάτικα πρωϊνά, η γιαγιά μου έλεγε ότι ο ήλιος θα τα «έκαιγε» και η μέρα θα ήταν ηλιόλουστη. Συχνά συνέβαινε να εξαφανίζονται κατά το μεσημέρι. Σκεφτόμουνα λοιπόν ότι η γιαγιά μου είχε δίκιο και ότι οι αχτίνες του ήλιου, που απορροφούσαν τα σύννεφα, πράγματι τα «έκαιγαν». Είχα άραγε δίκιο;

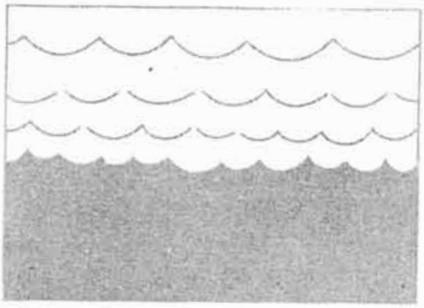
Δημιουργία σύννεφων

Σταθερότητα

Άνωση

3.29
Δαντελωτά σύννεφα

Πώς φτιάχνονται οι κυματοειδείς σχηματισμοί στα σύννεφα (εικ. 3·29); Και γιατί τα κυματάκια αυτά διαχωρίζονται κάποτε από φωτεινές ζώνες;



Εικόνα 3.29

Υγροποίηση

3.30
Προέλευση της ομίχλης

Η λονδρέζικη ομίχλη ελαττώθηκε τα τελευταία δέκα χρόνια εκτός των άλλων και εξαιτίας της προοδευτικής εγκατάλειψης της θέρμανσης με κάρβουνο. Πώς επιδρά η χρησιμοποίηση κάρβουνου για θέρμανση στη δημιουργία της ομίχλης; Και ποιοι είναι γενικότερα οι λόγοι και τρόποι σχηματισμού της.

3.31
Το θάμπωμα του τζαμιού

Γιατί θαμπώνει η αναπνοή σας το τζάμι, όταν κάνει κρύο; Ακριβέστερα, τι προκαλεί τη συμπύκνωση των μορίων του νερού, ώστε να σχηματίζουν μια σταγόνα; Γιατί αυτές οι σταγόνες νερού σχηματίζονται σε ορισμένα σημεία του τζαμιού; Τι το ιδιαίτερο παρουσιάζουν τα σημεία αυτά;

Συμπύκνωση

Αδιαβατική μεταβολή

Στρόβιλοι

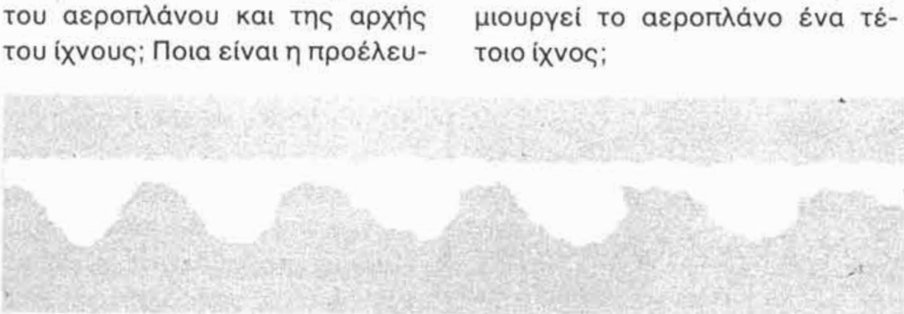
Άνωση

3.32
Τα ίχνη των αεροπλάνων

Γιατί τα αεροπλάνα αφήνουν πίσω τους ένα ίχνος στον ουρανό; Γιατί οι γραμμές αυτές δε σχηματίζονται πάντοτε; Εξετάζοντάς τις προσεχτικά, ίσως διαπιστώσετε ότι κάθε τέτοιο ίχνος έχει σχηματιστεί από δύο ή περισσότερα άλλα, τα οποία διαχύθηκαν και έγιναν δυσδιάκριτα.

Γιατί υπάρχουν στην αρχή περισσότερα από ένα ίχνη; Γιατί μεσολαβεί κάποια απόσταση μεταξύ του αεροπλάνου και της αρχής του ίχνους; Ποια είναι η προέλευση της διάχυσης του ίχνους αυτού, που το μεταβάλλει σ' ένα κομπολόι από ποπ-κορν; (εικ. 3.32).

Ίσως θα είχατε την τύχη να δείτε και το ίχνος που αφήνει το αεροπλάνο και τη σκιά του ίχνους στα υπερκείμενα σύννεφα. Υπάρχει όμως και καλύτερο θέαμα: Διακρίνεται το σκοτεινό ίχνος ενός αεροπλάνου την ώρα που διασχίζει ένα σύννεφο. Πώς δημιουργεί το αεροπλάνο ένα τέτοιο ίχνος;



Εικόνα 3.32
Πλάγια όψη ίχνους αεροπλάνου.

3.33
Φυσαλίδες του αλατόνερου

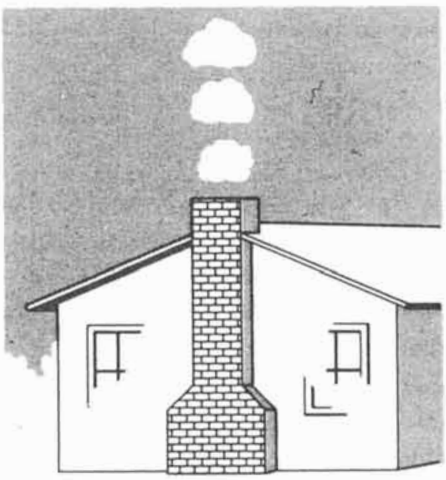
Γιατί σχηματίζονται περισσότερες φυσαλίδες, όταν χύνετε αλατόνερο μέσα σε αλατόνερο και όχι όταν χύνετε καθαρό νερό σε αλατόνερο;

Άνωση.

Νόμος του Bernoulli.

3.34
Η αναπνοή της καμινάδας

Ένα τζάκι θεωρείται καλό, όταν ο καπνός ανεβαίνει στην καμινάδα και δεν μπαίνει στο δωμάτιο, ακόμα και όταν η εστία της φωτιάς δε βρίσκεται ακριβώς κάτω απ' αυτήν. Ποια είναι η αιτία αυτού του «τραβήγματος» και γιατί είναι πιο δυνατό, όσο πιο μεγάλη είναι η καμινάδα; Γιατί είναι αποτελεσματικότερο όταν έχει αέρα; Τέλος, γιατί μερικές καμινάδες «βήχουν» τον καπνό; (εικ. 3.34).



Εικόνα 3.34
Το βήξιμο της καμινάδας.



Εικόνα 3.35
Με την άδεια του John Hart. Field Enterprises.

Άνωση

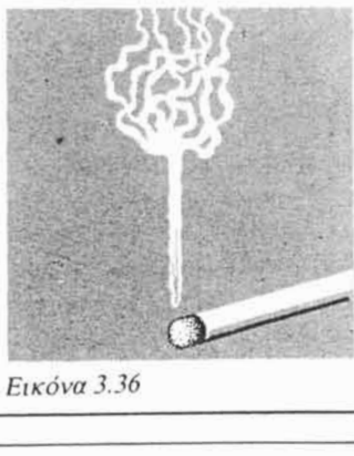
Τυρβώδης ροή

3.35
Φωτιά στο ύπαιθρο

Σε πολλά μέρη, όπου επιτρέπεται να ανάβουμε φωτιές, απαγορεύεται αυτό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ποιο πρόβλημα επιβάλλει την απαγόρευση αυτή;

3.36
Ο καπνός του τσιγάρου

Γιατί ο καπνός του τσιγάρου, αφού ανέβει κανονικά για λίγα εκατοστόμετρα, δημιουργεί ξαφνικά δίνες; (εικ. 3.36).



Εικόνα 3.36

Άνωση

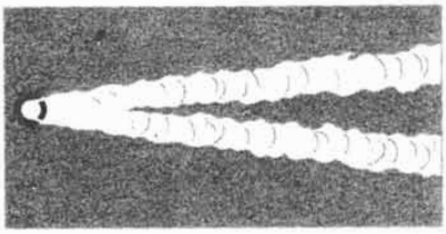
Μεταβολή ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας με το ύψος

Σταθερότητα

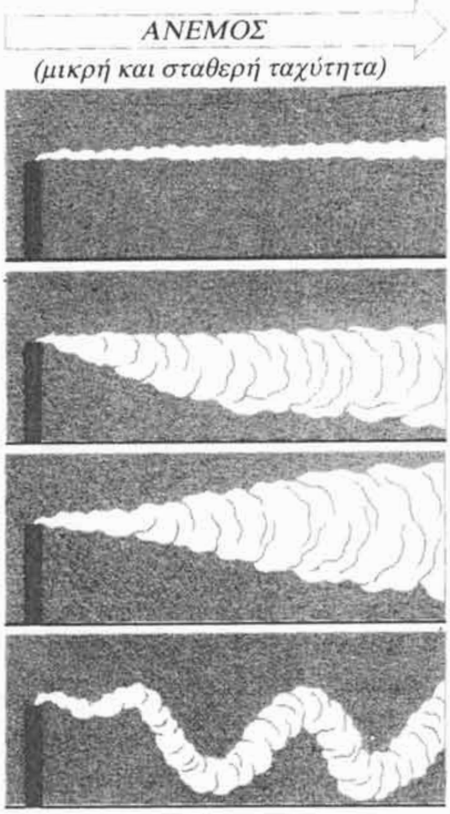
3.37

Ο καπνός των φουγάρων

Θα περίμενε κανείς ότι ο καπνός της καμινάδας των εργοστασίων θα ανέβαινε κατακόρυφα, ή το πολύ-πολύ πλαγιαστά, αν φυσούσε ελαφρός άνεμος. Παρ' όλα αυτά βλέπουμε συχνά τις μορφές που παριστάνει η εικόνα 3·37α, αν και ο άνεμος φυσά ομοιόμορφα και οριζόντια. Γιατί παρατηρούνται αυτοί οι σχηματισμοί; Ο τελευταίος ειδικά σχηματισμός που παρουσιάζει περιοδικότητα, είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρων. Γιατί τέλος μερικές φορές χωρίζεται στα δύο ο καπνός, μόλις βγει από την καμινάδα; (εικ. 3.37β).



Εικόνα 3.37β
Όψη από πάνω ενός σχηματισμού καπνού που χωρίζεται στα δύο.



Εικόνα 3.37α
(Από το Bierly και Hewson, J. Appl. Meteorology, 1, 383, 1962 με την άδεια των συγγραφέων και της Αμερικάνικης Μετεωρολογικής Εταιρίας).

Τριχοειδές φαινόμενο

Δημιουργία παγοκρυστάλλων

Απορρόφηση ακτινοβολίας

3.38

Σκιές στον πάγο

Εάν παρατηρήσετε από μακριά τον πάγο, που καλύπτει μια λίμνη στη Βόρεια Αλάσκα, τον καιρό που αρχίζει να λιώνει, κατά το τέλος της άνοιξης, θα δείτε μερικές περιοχές πάγου να φαίνονται σκοτεινές, ενώ άλλες κάτασπρες. Περπατώντας για λίγο πάνω στον πάγο, θα ανακαλύψετε σύντομα — και με φρίκη — πως ο πάγος που φαίνεται σκοτεινός είναι λεπτός και πρέπει να τον αποφύγετε με κάθε τρόπο. Γιατί υπάρχουν αυτές οι αποχρώσεις και γιατί ο σκοτεινός πάγος είναι εύθραυστος;

Υστέρηση πήξης

Εσωτερική ενέργεια

3.39

Πήξη του νερού

Γιατί το νερό γίνεται πάγος στους 0° C; Τι το ιδιαίτερο έχει αυτή η θερμοκρασία; Κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να υπάρξει νερό σε υγρή κατάσταση σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 0° C. Για παράδειγμα σας αναφέρω ότι έχουν βρεθεί σε σύννεφα σταγόνες νερού σε θερμοκρασία -30° C. Κάτω από ποιες συνθήκες μπορεί να υπάρχει τόσο «κρύο» νερό;

Είναι δυνατό να θερμανθεί ο πάγος σε θερμοκρασία πάνω από τους 0° C, χωρίς να έχει ήδη λιώσει;

Πήξη

Λανθάνουσα θερμότητα

Εξάτμιση

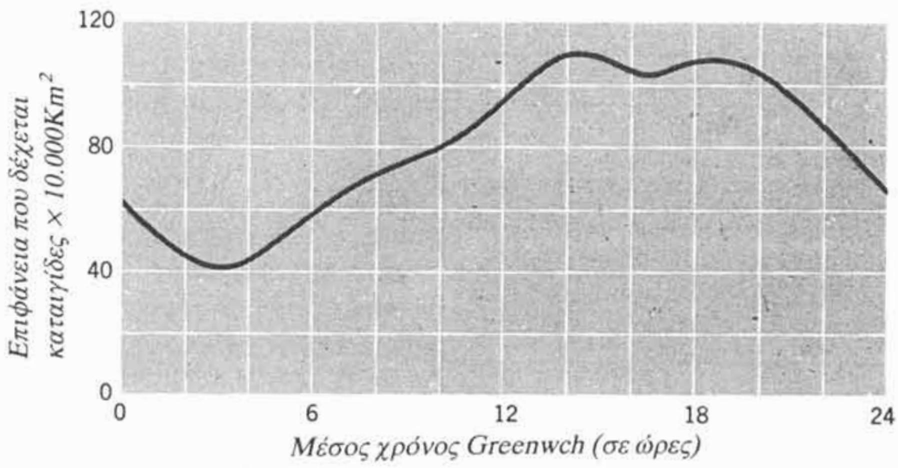
3.40

Το πάγωμα του ζεστού και του κρύου νερού

Στις κρύες χώρες, όπως ο Καναδάς και η Ισλανδία, όλοι ξέρουν πως το νερό παγώνει στο ύπαιθρο πιο γρήγορα, αν εκτεθεί ζεστό. Αν και θα σας φανεί εντελώς ανόητο αυτό, εντούτοις είναι γεγονός, πράγμα που και ο ίδιος ο Francis Bacon το είχε παρατηρήσει. Πειραματιστείτε μόνοι σας, βάζοντας κρύο και ζεστό νερό σε δύο διαφορετικά ποτήρια και αφήστε τα έξω μια κρύα νύχτα ή τοποθετήστε τα στο ψυγείο σας.

Εάν επαληθεύσετε την άποψη ότι το ζεστό νερό παγώνει πρώτο, μπορείτε να δώσετε και κάποια εξήγηση;

Θερμοδυναμική των καταιγίδων



Εικόνα 3.41
(Από D.J. Malan, Physics of Lightning, Englies Universities Press, Ltd)

3.41
Οι καταιγίδες του πλανήτη μας

Εάν κάνετε μια γραφική παράσταση της επιφάνειας που δέχεται καταιγίδες σ' όλη τη γη, σε συνάρτηση με το μέσο χρόνο Γκρήνουϊτς (GMT), θα σχεδιάσετε μια καμπύλη, που θα έχει ένα μέγιστο στις 7 μ.μ. ώρα Λονδίνου και ένα ελάχιστο στις 4 π.μ. (βλ. εικ. 3.41). Όταν δηλαδή είναι 7 μ.μ. στο Λονδίνο, τότε γίνονται οι περισσότερες καταιγίδες στη Γη. Είναι δυνατή μια οποιαδήποτε εξάρτηση των καταιγίδων από το χρόνο GMT; Μια τέτοια εξάρτηση έχει κάποια φυσική εξήγηση;

Αγωγή θερμότητας

3.42
Κολλημένος στον πάγο

Όταν πιάσετε ένα κρύο μεταλλικό αντικείμενο, όπως είναι οι θήκες με τα παγάκια του ψυγείου σας, τότε πιθανώς το χέρι σας θα κολλήσει στο μέταλλο. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, όταν κάνετε το πείραμα αυτό, γιατί μπορεί να ξεκολλήσει ένα μικρό μέρος από το δέρμα σας. Να βουτήξετε τότε το χέρι σας μαζί με το δοχείο σε νερό, για να ξεκολλήσει το ένα από το άλλο. Και μην ακουμπήσετε ποτέ τη γλώσσα σας στην παγοθήκη, όπως κάνουν ασυλλόγιστα μερικά παιδιά, διότι θα πληγωθείτε άσχημα. Γιατί κολλάει το χέρι σας στο μέταλλο; Σε ποια θερμοκρασία πρέπει αυτό να ψυχθεί, για να παρουσιάζει τη συμπεριφορά αυτή;

Λανθάνουσα θερμότητα

3.43
Ο διπλωμένος πάγος

Γιατί ο πάγος λιώνει πιο αργά, όταν τον τυλίξουμε σ' ένα βρεγμένο χαρτί;

Μόνωση

Μεταβολή πυκνότητας μετά της θερμοκρασίας

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

3.44
Το πάγωμα του βάλτου

Η επιφάνεια μικρής λίμνης παγώνει πρώτη, στη συνέχεια τα μεσαία βάθη και πολύ αργότερα ο βυθός. Γιατί; (Υπάρχουν πολλές αιτιολογίες του φαινομένου). Εάν δε συνέβαινε όπως αναφέραμε, δε θα υπήρχε πρακτικά ψάρι του γλυκού νερού εκτός από τις τροπικές περιοχές. Σε περιοχές που είναι αναγκαία η άντληση νερού μπορούμε να εμποδίσουμε τη δημιουργία του πάγου, φυσώντας αέρα μέσα σε σωλήνες, που φτάνουν στο βυθό των λιμνών και των ποταμών. Εάν υπάρχει ήδη πάγος, οι φυσαλίδες του αέρα θα τον λιώσουν, έστω κι αν χρειαστούν 4 έως 5 ημέρες. Με ποιο τρόπο εμποδίζουν οι φυσαλίδες τη δημιουργία του πάγου;

Θερμική αγωγιμότητα

Μετατροπή φάσης

3.45
Το Σκι

Τι είναι αυτό που κάνει τα σκι να γλιστρούν πάνω στο χιόνι; Ο μηχανισμός της ολίσθησης είναι ίδιος μ' αυτόν του πατινάζ στον πάγο; Θα μπορούσατε να «διολισθήσετε» πάνω σε άλλες παγωμένες ουσίες ή το χιόνι και το παγωμένο νερό είναι οι μοναδικές; Μπορείτε να κάνετε σκι, αν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή; Γιατί χρειάζεται να αλείφουμε τα χιονοπέδιλα με λίπος; Γιατί τα πέδιλα που είναι φτιαγμένα από εβονίτη, γλιστρούν καλύτερα από τα μεταλλικά;

Αδιαβατική συμπίεση

Πίεση και μετατροπή φάσης

3.46

Πατινάζ στον πάγο

Γιατί γλιστρούν τα παγοπέδιλα πάνω στον πάγο; Εάν μπορείτε δώστε φυσική εξήγηση σ' αυτό το φαινόμενο, χρησιμοποιώντας αριθμητικά δεδομένα. Είναι ολοφάνερο ότι ο ζεστός καιρός σας εμποδίζει να κάνετε πατινάζ. Μπορεί να συμβεί και το αντίθετο, όταν ο καιρός είναι πολύ κρύος; Στις πολύ κρύες χώρες, όπως η Γροιλανδία, ο πάγος ευνοεί το πατινάζ; Θα μπορούσατε να «πατινάρετε» πάνω σε άλλες παγωμένες ουσίες, όπως το CO_2;

Φανταστείτε ότι πρέπει να διασχίσετε με τα πόδια μια παγωμένη έκταση και ότι σας δίνονται δυο δυνατότητες επιλογής. Η μια σε παγωμένη έκταση με λεία επιφάνεια, η άλλη σε παγωμένη έκταση με τραχιά επιφάνεια. Πάνω σε ποια από τις δύο θα γλιστρήσετε πιο εύκολα;

Θερμική αγωγιμότητα

Μετατροπή φάσης

3.48

Χιονόμπαλες

Γιατί μας είναι αδύνατο να κατασκευάσουμε μια χιονόμπαλα, όταν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή; Τι εξασφαλίζει τη συνοχή μιας χιονόμπαλας; Ποια *είναι* περίπου η ελάχιστη θερμοκρασία που μας επιτρέπει να φτιάξουμε μια χιονόμπαλα;

Αδιαβατική συμπίεση

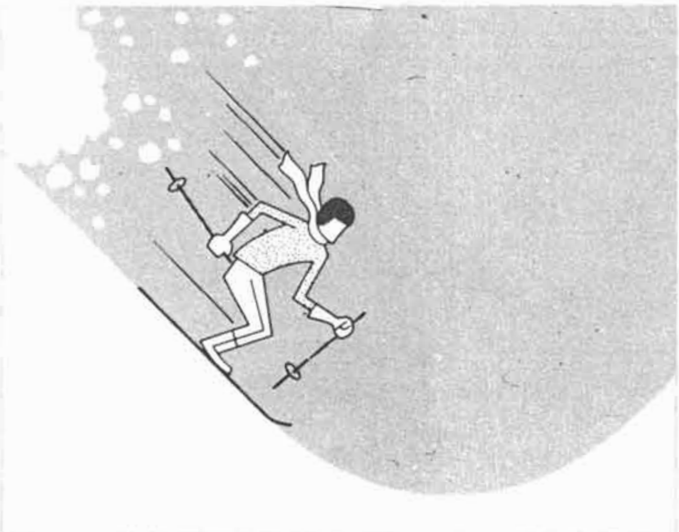
Πίεση και μετατροπή φάσης

3.47

Χιονοστιβάδες

Με ποιο τρόπο μπορούν οι ξαφνικές θερμάνσεις και οι μηχανικές δονήσεις να δημιουργήσουν μια χιονοστιβάδα; Γιατί δημιουργούνται πολλές χιονοστιβάδες την ώρα που δύει ο ήλιος δηλ. τη στιγμή που η θερμοκρασία συνήθως πέφτει; Υποστηρίζεται ότι η σκιά και μόνο ενός χιονοδρόμου αρκεί, για να ξεκινήσει μια χιονοστιβάδα. Γιατί συμβαίνει αυτό; Όταν σχηματίζεται μια χιονοστιβάδα από ψιλό χιόνι, ένα γιγαντιαίο σύννεφο σωματιδίων χιονιού προηγείται της χιονοστιβάδας, που κατρακυλάει στην πλαγιά με μια ταχύτητα 300km/h και με ορμή που είναι ικανή να καταστρέψει μεγάλα δέντρα και να μετακινήσει μεταλλικές γέφυρες.

Διηγούνται μάλιστα την περίπτωση ενός χιονοδρόμου που εγκλωβίστηκε κάποτε σε μια τέτοια χιονοστιβάδα (εικ. 3.47) και κατρακυλώντας έφτασε μαζί της στην απέναντι πλαγιά με τόση ταχύτητα, ώστε ο αέρας γύρω συμπιέστηκε και ζεστάθηκε τόσο ώστε να λιώσει εν μέρει το χιόνι. Σε λίγα λεπτά όμως το χιόνι ξαναπάγωσε και έτσι, όταν έφτασαν οι πρώτες βοήθειες, αν και βρήκαν το χιονοδρόμο ζωντανό ακόμη, χρειάστηκε να πριονίσουν τον πάγο για να τον βγάλουν από κει.





Εικόνα 3.47

Μετατροπή φάσης

3.49

Άμμος και λάστιχα με καρφιά για τον πάγο

Χρησιμοποιούνται συχνά το χειμώνα στους παγωμένους δρόμους λάστιχα με καρφιά ή αλυσίδες και άμμος. Γιατί δεν είναι αποτελεσματικό κανένα από αυτά σε θερμοκρασίες κάτω από τους 0° C; Και γιατί είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες;

Σημείο πήξης

3.50

Αλατισμένος πάγος

Όταν η γιαγιά μου φτιάχνει παγωτό, περιβάλλει το δοχείο με πάγο, τον οποίο στη συνέχεια αλατίζει. Γιατί προσθέτει αλάτι; Γιατί ρίχνουμε αλάτι στους παγωμένους δρόμους. Στις δύο αυτές ερωτήσεις θα απαντήσετε αναμφίβολα «για να χαμηλώσει το σημείο πήξης». Βεβαίως! Αλλά πώς καταφέρνει κάτι τέτοιο το αλάτι; Εάν ο καιρός είναι πολύ κρύος, το αλάτι δε βελτιώνει τις κυκλοφοριακές συνθήκες.

Ποια είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία, που επιτρέπει στο αλάτι να δράσει ως αντιπηκτικό; Μέχρι ποιου σημείου πρέπει να κατέβει η θερμοκρασία μιας μάζας αλατισμένου νερού, για να παγώσει τελείως;

3.51

Το δραστικό συστατικό ενός αντιπηκτικού μείγματος

Γιατί ένα μείγμα νερού και αντιπηκτικού υγρού πήζει σε θερμοκρασία χαμηλότερη απ' αυτήν του καθαρού νερού; Πώς προστατεύει το αντιπηκτικό από το ψύχος τον κινητήρα και πώς από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι; Εφόσον η αποτελεσματικότητα του αντιπηκτικού υγρού είναι τόσο μεγάλη, γιατί δε γεμίζετε το ψυγείο σας μόνο με αντιπηκτικό; (Οι περισσότεροι κατασκευστές, συμβουλεύουν να χρησιμοποιούμε ένα μείγμα 50%).

Λανθάνουσα θερμότητα

3.52

Μουσκεμένος και ξυλιασμένος

Γιατί αισθάνεστε κρύο, τη στιγμή που βγαίνετε από το λουτρό σας ή από την πισίνα; Δοκιμάστε να υπολογίσετε το ρυθμό που χάνετε θερμότητα. Γιατί στα νοσοκομεία κάνουν εντριβές με μεθυλική αλκοόλη, για να ανακουφίσουν τους ασθενείς; Γιατί δε χρησιμοποιούν μόνο νερό;

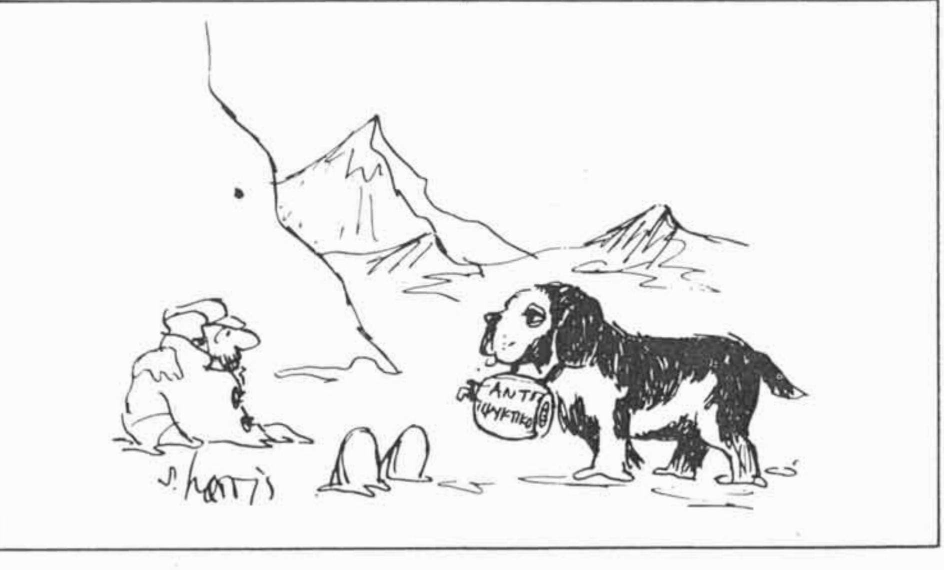
Όταν ήμουν παιδί και περνούσα τις διακοπές με την οικογένειά μου, μεταφέραμε νερό σε μια «νταμιτζάνα», κατασκευασμένη από χοντρό πανί και τοποθετημένη στον μπροστινό προφυλακτήρα του αυτοκινήτου. Ακόμη και όταν έκανε πολύ ζέστη, το νερό στο υφασμάτινο δοχείο έμενε δροσερό. Γιατί; Μπορείτε να υπολογίσετε τη θερμοκρασία του νερού σε δοσμένες συνθήκες (θερμοκρασία αέρα, υγρασία, ταχύτητα αυτοκινήτου);

Σημείο πήξης

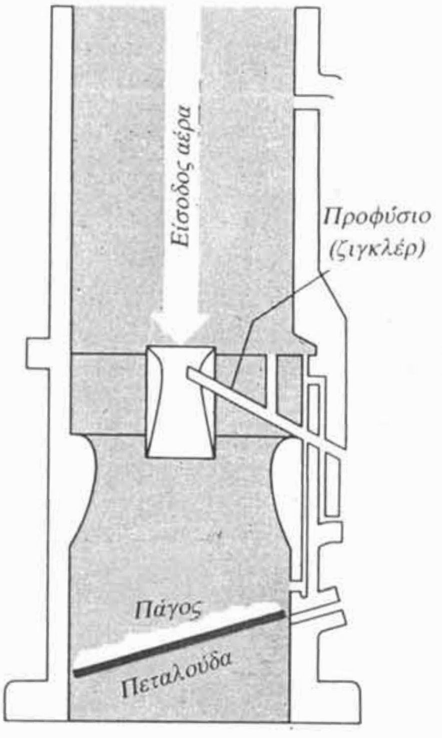
3.53

Το χιονισμένο καρμπυρατέρ

Μερικές μέρες, ακόμη και όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι 5° C, το καρμπυρατέρ πιάνει πάγο και σταματά το αυτοκίνητό μου. Στην εικ. 3.53 φαίνεται ότι η πεταλούδα μπλοκάρεται από πάγο και εμποδίζει έτσι την είσοδο του αέρα στον



κινητήρα. Ποια είναι η αιτία που παράγει τον πάγο; Είναι πιο πιθανά να δημιουργηθεί, όταν ο καιρός είναι ξερός ή όταν είναι υγρός; Είναι δυνατό να συμβεί το ίδιο φαινόμενο, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι κάτω από το μηδέν;



Εικόνα 3.53
Χιονισμένο καρμπυρατέρ.

Λανθάνουσα θερμότητα

Διάχυση

3.54

Τρώγοντας τον πολικό πάγο

Οι Εσκιμώοι ξέρουν πως το νερό της θάλασσας, που έχει παγώσει πριν από λίγο χρόνο, περιέχει πολύ αλάτι κι έτσι δεν είναι πόσιμο· αντίθετα είναι πόσιμο, όταν έχει παγώσει πριν από πολλά χρόνια. Έχουν ακόμη ανακαλύψει πως, αν σύρουν τον πάγο στην ακτή, έξω από το νερό, η αφαλάτωση επιταχύνεται, ειδικά μάλιστα αν αυτό γίνεται τους ζεστούς μήνες της άνοιξης και του καλοκαιριού. Γιατί μειώνεται με το χρόνο η περιεκτικότητα σε αλάτι και ειδικότερα γιατί μειώνεται γρηγορότερα τους θερμούς μήνες, κατά τους οποίους η εξάτμιση του νερού είναι περισσότερο έντονη και επομένως θα έπρεπε η περιεκτικότητα σε αλάτι να αυξάνει;

Λανθάνουσα θερμότητα

3.55

Γύρισε ο τέντζερης και βρήκε... το καπάκι!

Εάν χρειάζεστε βραστό νερό για να μαγειρέψετε, ας πούμε, τα μακαρόνια σας, γιατί καταφέρνετε να το βράσετε νωρίτερα, αν σκεπάσετε την κατσαρόλα με ένα καπάκι; Διότι μειώνονται οι θερμικές απώλειες, έτσι δεν είναι; Αλλά τι μπορεί να σημαίνει αυτό; Ότι υπάρχει λιγότερη θερμότητα που μεταφέρεται στο περιβάλλον, ή λιγότερη υπερέρυθρη ακτινοβολία, που αποβάλλεται σ' αυτό; Όταν όμως το νερό βράζει, δεν έχει το καπάκι περίπου ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία βρασμού του νερού; Επομένως, μέσω αυτού δεν πρέπει να μεταφέρεται θερμότητα ή να αποβάλλεται ακτινοβολία στο περιβάλλον όση και όταν η κατσαρόλα είναι ξεσκέπαστη; Τότε, λοιπόν, γιατί το νερό βράζει γρηγορότερα με σκεπασμένη κατσαρόλα;

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

Λανθάνουσα θερμότητα

3.56

Ένας πονηρός φούρνος

Η γιαγιά μου υποστηρίζει πως, όταν ο καιρός είναι υγρός, ο φούρνος της ζεσταίνεται γρηγορότερα, εάν ανοίξει τελείως την πόρτα του και την κλείσει, μόλις έχει ζεσταθεί. Εάν είναι αλήθεια, δώστε μια εξήγηση.

Λανθάνουσα θερμότητα

3.57

Ένας τενεκές με νερό, που διατηρεί τα λαχανικά

Η γιαγιά μου έβαζε έναν τενεκέ με νερό στο υπόγειο κοντά στα λαχανικά της, για να τα προστατέψει από τον πάγο. Σε τι βοηθούσε η παρουσία του νερού για τη συντήρηση των λαχανικών;

Λανθάνουσα θερμότητα

3.58

Ο προσανατολισμός μιας παγοθήκης

Πριν την ανακάλυψη του ψυγείου, οι άνθρωποι που κατοικούσαν σε Βόρεια κλίματα, αποθήκευαν τον πάγο που σχηματιζόταν το χειμώνα για να τον χρησιμοποιήσουν το καλοκαίρι. Για να κάνει σωστά τη δουλειά της μια τέτοια παγοθήκη, θάπρεπε να έχει κατάλληλο προσανατολισμό. Έπρεπε, δηλαδή η είσοδός της να βλέπει την Ανατολή έτσι ώστε ο πρωινός ήλιος να εξαφανίζει την πρωινή υγρασία του αέρα. Αυτό όμως δε θα είχε το αποτέλεσμα να ζεσταίνεται περισσότε-

ρο η παγοθήκη απ' ό,τι αν ήταν στραμμένη προς το Βορρά ή το Νότο;

Η απομάκρυνση της υγρασίας είναι σημαντικότερος παράγοντας απ' αυτόν της επιπλέον θέρμανσης; Γιατί;

Θερμική αγωγιμότητα

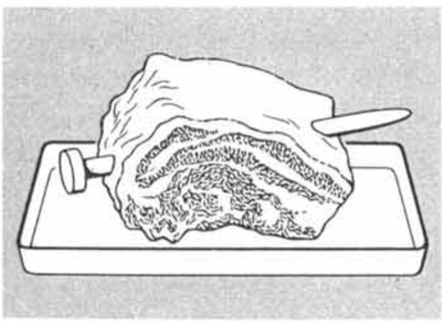
Λανθάνουσα θερμότητα

3.59

Ένα καρφί στο ψήσιμο του κρέατος

Πώς επιταχύνεται το μαγείρεμα του ψητού κρέατος; Μπορείτε να καρφώσετε στο κρέας ένα μεταλλικό έλασμα, όπως γίνεται συνήθως με τα σουβλάκια· έτσι, η αγωγή της θερμότητας μέσω του μετάλλου γίνεται πιο γρήγορη απ' ό,τι μέσω του ίδιου του κρέατος, και το ψήσιμο συντομεύει.

Στην Αμερική υπάρχει ένα σύστημα, που αντικατέστησε το έλασμα και δεν είναι παρά ένας μεταλλικός σωλήνας, τον οποίο διαπερνά από τη μια του άκρη στην άλλη ένα φυτίλι και ο οποίος περιέχει λίγο νερό (εικ. 3·59). Λέγεται πως η αγωγή της θερμότητας είναι χίλιες φορές καλύτερη απ' αυτήν του συμπαγούς ελάσματος και στην πράξη ο χρόνος του ψησίματος μειώνεται στο μισό. Σύμφωνοι, αλλά πώς γίνεται αυτό; Γιατί ένας κούφιος σωλήνας είναι καλύτερος αγωγός από ένα συμπαγή; Και γιατί υπάρχει νερό και φυτίλι μέσα στο σωλήνα;



Εικόνα 3.59
Ο σωλήνας του ψησίματος.



Πίεση και Μετατροπή φάσης

Λανθάνουσα θερμότητα

3.60

Τα πιο ψηλά βουνά

Γιατί κανένα βουνό στη γη δεν είναι πιο ψηλό από το Έβερεστ; Γιατί δεν υπάρχει βουνό 10 φορές ψηλότερο από το Έβερεστ; (Στον Άρη, το Nix Olympica, είναι δύο φορές πιο ψηλό από το Έβερεστ). Εάν το ύψος των βουνών έχει κάποιο όριο, από τι προσδιορίζεται και ποια είναι περίπου η τιμή του;

Αγωγιμότητα

3.61

Η δοκιμασία του βραστού νερού

Ένα από τα πιο γοητευτικά παραδείγματα ανατολικής μαγείας είναι αυτό του «Yubana», δηλαδή της δοκιμασίας με πολύ ζεστό νερό, που υπάρχει στον Ιαπωνέζικο Σιντοϊσμό.* Κατά τη διάρκεια του Yubana ο ιερέας πήγαινε κοντά σ' ένα τεράστιο βαρέλι. Αυτό ήταν γεμάτο με νερό, που κόντευε να βράσει. Βύθιζε λοιπόν δύο δεμάτια από μπαμπού μέσα του και στη συνέχεια ράντιζε μ' αυτά το κεφάλι, την πλάτη και τα χέρια του. Όταν το νερό έπεφτε πάνω στη φωτιά έφτιαχνε μεγάλα σύννεφα υδρατμών και αυτό συνεχιζόταν, μέχρι που το βαρέλι σχεδόν άδειαζε. Εμφανιζόταν τότε ο ιερέας χωρίς κανένα έγκαυμα, αποδεικνύοντας έτσι τη μεγάλη δύναμη του Shinto.

Το ζεστό νερό θα έπρεπε να κάψει την επιδερμίδα του ιερέα· κάποιο κόλπο πρέπει να κρύβεται σ' αυτήν την υπόθεση.

Σας συμβουλεύω λοιπόν, να μη δοκιμάσετε. Όμως, ποια εξήγηση δίνετε; Και ακόμη, θα ήταν περισσότερο επικίνδυνο για τον ιερέα, αν καθυστερούσε λίγο την έναρξη της τελετής και είχε βράσει το νερό;

*Σ.τ. Μ: Σιντοϊσμός: Εθνική θρησκεία της Ιαπωνίας, πολυθεϊστικού τύπου. Άρχισε να δημιουργείται από τον 6ο μ.Χ. αιώνα και μέχρι σήμερα διατηρεί έντονη τελετουργία.

Μετατροπή φάσης

Λανθάνουσα θερμότητα

Σχηματισμός φυσαλίδων

3.62

Σημείο βρασμού του νερού

Τι εννοούμε στην πραγματικότητα λέγοντας πως το νερό μιας κατσαρόλας βράζει;

Δεχόμαστε γενικά πως το σημείο βρασμού του νερού στην πίεση της μιας ατμόσφαιρας είναι 100° C, πώς είναι δυνατό, όμως η θερμοκρασία του νερού να ξεπεράσει μερικές φορές τους 100° C, χωρίς αυτό να βράζει, ενώ η πίεση παραμένει μια ατμόσφαιρα; Τέλος γιατί πιστεύουμε πως, αν η θερμοκρασία φτάσει τους 100° C, κάθε πρόσθετη προσφορά θερμότητας δεν ανεβάζει τη θερμοκρασία του νερού αλλά αυξάνει το ρυθμό της εξαέρωσης; Γιατί το νερό που βρίσκεται κάτω από την ελεύθερη επιφάνειά του δεν μπορεί να ξεπεράσει τους 100° C αν και η παροχή θερμότητας είναι συνεχής;

Ρυθμός εξάτμισης

3.63

Δαχτυλίδια αλατιού γύρω από τους νερόλακκους

Γιατί το αλάτι που χρησιμοποιείται, για να ξεπαγώνει τους δρόμους, εναποτίθεται με τη μορφή δακτυλίων, όταν το νερό που έχουν οι λάκκοι στους δρόμους εξατμίζεται; Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται σε πιο μεγάλη κλίμακα στις όχθες των λιμνών, που βρίσκονται σε ξερές περιοχές. Σ' αυτές τις όχθες σχηματίζονται λευκές λουρίδες, που περιτριγυρίζουν τις λίμνες.

Μπορείτε και μόνοι σας να δείτε αυτό το φαινόμενο μέσα στην κουζίνα σας, αν φτιάξετε ένα κορεσμένο διάλυμα αλατιού μέσα σ' ένα ποτήρι ζεστού νερού και το αφήσετε για ένα μήνα. Στο τέλος, η εσωτερική και η εξωτερική επιφάνεια του ποτηριού θάναι σκεπασμένες με αλάτι. Γιατί αποτίθεται το αλάτι στην εξωτερική πλευρά του ποτηριού;

Νόμοι ιδανικών αερίων

Μετατροπή φάσης

Λανθάνουσα θερμότητα

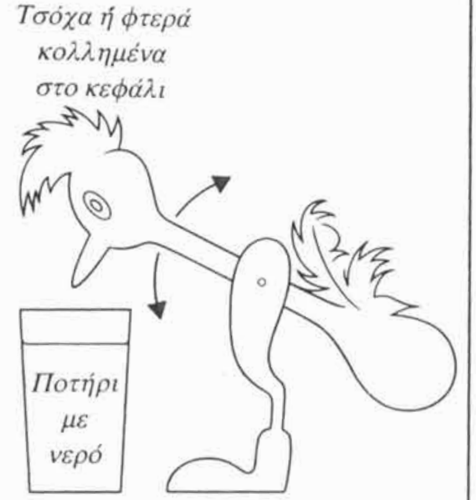
Τάση ατμών

3.64

Η μεθυσμένη πάπια

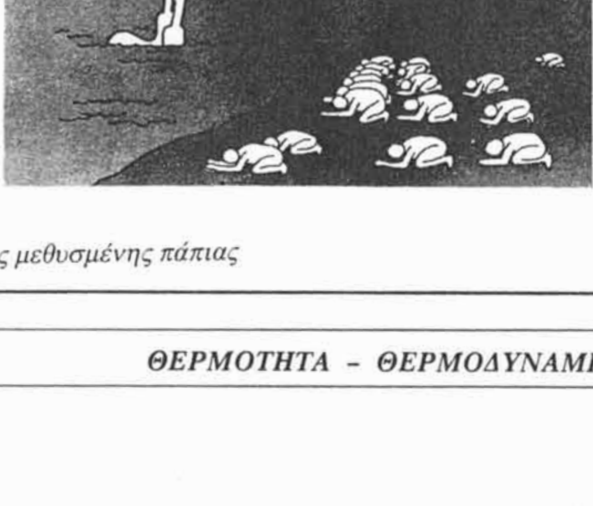
Η μεθυσμένη πάπια, το πιο δημοφιλές παιχνίδι της Φυσικής, είναι ένα πουλί από γυαλί που ταλαντώνεται και «πίνει» νερό μέσα από ένα ποτήρι (εικ. 3.64α). Αρχίζει να κινείται, όταν του βρέξετε το κεφάλι. Αρχικά ταλαντώνεται αργά-αργά, έως ότου βυθίσει το κεφάλι του στο νερό. Ύστερα ανασηκώνεται και ξαναρχίζει τον ίδιο κύκλο χωρίς άλλη εξωτερική παρέμβαση Θα συνεχίσει να ταλαντώνεται μπρος-πίσω, όση ώρα είναι βρεγμένο το κεφάλι του. Ποια είναι η αιτία αυτής της κίνησης;

Η μεθυσμένη πάπια ίσως αποτελέσει λύση του ενεργειακού μας προβλήματος στον 21ο αιώνα. Φανταστείτε ένα γιγάντιο πουλί στημένο στην ακρογιαλιά, να βουτά το κεφάλι του στη θάλασσα και να τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια όλη την Ελλάδα.



Εικόνα 3.64α
Η μεθυσμένη πάπια

Υπάρχει κίνδυνος, θα μου πείτε να ιδρυθεί μελλοντικά μια θρησκεία με θεό τη μεθυσμένη πάπια, που θα τη «δοξάζουμε» βουτώντας το κεφάλι στο νερό τρεις φορές κάθε πρωί, ενώ θα είμαστε στραμμένοι προς την Ανατολή (εικ. 3.64β). Αλλά αυτές οι σκέψεις είναι μελλοντικές.



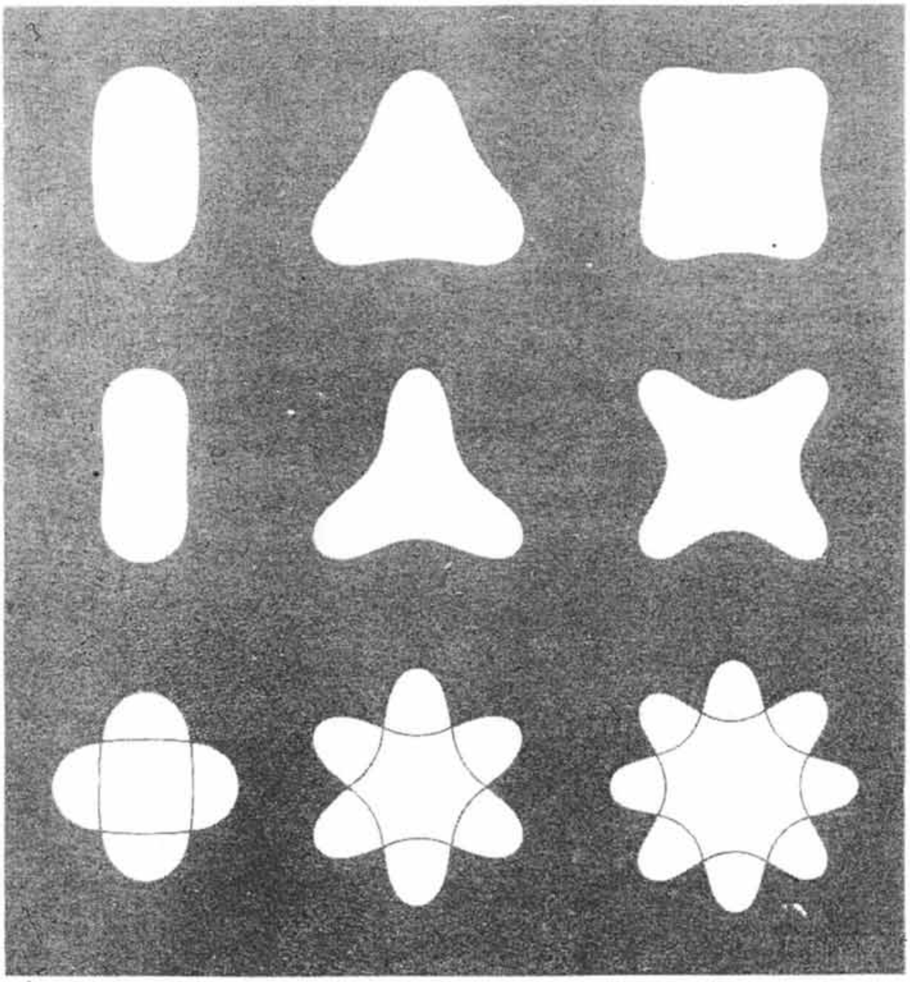
Εικόνα 3.64β
Η λατρεία της μεθυσμένης πάπιας

3.65

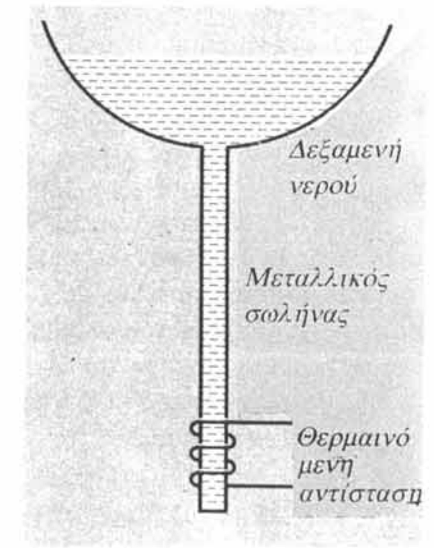
Οι σταγόνες που χορεύουν πάνω στο καφτό τηγάνι

Εάν πιτσιλίσουμε με νερό ένα άδειο καυτό τηγάνι, οι σταγόνες του νερού χορεύουν και κάνουν τσουλήθρα πάνω στην επιφάνειά του. Γιατί δεν εξατμίζονται αμέσως; Γιατί υποχρεώνονται να «πλανάρουν»; Το πιο παράδοξο πάντως είναι ότι οι σταγόνες εξαφανίζονται τόσο πιο γρήγορα όσο πιο ψυχρό είναι το τηγάνι. Γιατί;

Εξετάστε πιο προσεχτικά μια σταγόνα και θα ανακαλύψετε ότι παίρνει τα πιο παράξενα σχήματα που μπορείτε να φανταστείτε. Στην πραγματικότητα η σταγόνα εκτελεί ταλάντωση και η ταχύτητά της είναι τόσο μεγάλη που το μάτι μας δεν μπορεί να την παρακολουθήσει. Έτσι διακρίνουμε διάφορα σχήματα. Μπορείτε να δείτε τις διάφορες θέσεις ταλάντωσής της, χρησιμοποιώντας ένα στροβοσκόπιο ή μια φωτογραφική μηχανή πολύ μεγάλης ταχύτητας. Στην εικόνα 3·65 δίνονται παραστατικά μερικά βασικά της σχήματα. Γιατί ταλαντώνεται η σταγόνα;



Εικόνα 3.65
(Από N.J. Holter και W.R. Classcock, J. Acoustical Soc. Amer. 24, 682, 1952).



Εικόνα 3.66
Τεχνητό γκέϋζερ.

3.66

Γκεϋζερ ή Θερμοπίδακες

Ποια είναι η αιτία που κάνει τα νερά στους θερμοπίδακες να εκτινάσσονται και ποια είναι η αιτία της περιοδικότητας που παρουσιάζουν στις εκτινάξεις τους μερικοί απ' αυτούς; Η πηγή της ενέργειάς τους είναι μόνο η θερμότητα που άγεται από τα γειτονικά πετρώματα, ή είναι αναγκαία μια πηγή μεγαλύτερης έντασης και ταχύτητας διάδοσης της θερμότητας;

Υποθέστε πως θέλετε να κατασκευάσετε ένα τεχνητό θερμοπίδακα, χρησιμοποιώντας μια συνεχή πηγή θερμότητας, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.66. Πόσο πρέπει νάναι το μήκος του σωλήνα, πόση η θερμαντική ισχύς της αντίστασης, ποια η περιοδικότητα των εκτινάξεων και σε πόσο ύψος θα φτάνει το νερό;

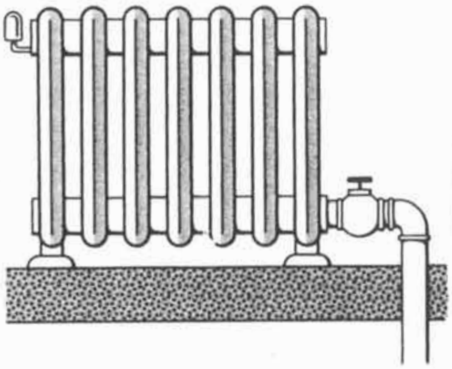
Λανθάνουσα θερμότητα

3.67

Καλοριφέρ με ένα μόνο σωλήνα

Ενώ τα περισσότερα σώματα των καλοριφέρ έχουν δύο σωλήνες (έναν εισόδου και έναν εξόδου) υπάρχει ένα σύστημα, που έχει μόνο ένα σωλήνα (εικ. 3.67). Και σα να μην ήταν αρκετά παράδοξο αυτό, φαίνεται ακόμη πως ο ατμός και το νερό που επιστρέφει στο μοναδικό σωλήνα, έχουν την ίδια θερμοκρασία.

Πώς είναι δυνατό αυτό, αν λάβουμε υπόψη μας ότι το καλοριφέρ καταφέρνει και θερμαίνει το δωμάτιο; Από πού προέρχεται η ενέργεια, που ακτινοβολείται;



Εικόνα 3.67



(Από το «Ελλάδα Ελλαδάρα μας!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

Ατμός, Αγωγιμότητα, Ακτινοβολία



3.68

Φιλήστε ένα κατακόκκινο πυρωμένο σίδερο.

Για πάρα πολλά χρόνια το περπάτημα μερικών ανθρώπων (όπως οι Αναστενάρηδες) πάνω σε αναμμένα κάρβουνα αποδόθηκε σε εξωπραγματικά και υπερφυσικά αίτια. Τον τελευταίο καιρό η επιστήμη ενδιαφέρθηκε να δώσει μια εξήγηση. Ακόμη πιο εκπληκτική φαίνεται η ικανότητα μερικών ανθρώπων να βυθίζουν τα χέρια τους για λίγη ώρα σε λιωμένο μέταλλο και να ακουμπούν τη γλώσσα τους πάνω σε μεταλλικά ελάσματα κατακόκκινα από τη φωτιά, χωρίς να παθαίνουν τίποτα.

Μπορούμε εύκολα να υποθέσουμε ότι υπάρχει κάποιο «κόλπο», η Φυσική όμως μπορεί να εξηγήσει αυτό το κατόρθωμα έμπρακτα.

Προσωπικά έχω βουτήξει τα δάχτυλά μου σε λιωμένο μόλυβδο, δε σας συμβουλεύω όμως να κάνετε το ίδιο πείραμα, διότι μπορεί να πάθετε σοβαρά εγκαύματα. Βλέποντας την εικόνα 3·68 θα διαπιστώσετε ότι είναι ανίκανες ακόμη και οι επιστημονικές γνώσεις της Φυσικής να προστατέψουν το σοφό επιστήμονα.

Φανταστείτε τώρα ότι ένας άνθρωπος του τσίρκου ακουμπάει τη γλώσσα του σ' ένα αναψοκοκκινισμένο σίδερο. Τι είναι αυτό που προστατεύει τη γλώσσα του και αποφεύγει όχι μόνο το βαρύτατο έγκαυμα, αλλά και την παραμικρή πληγή; Γιατί πρέπει οπωσδήποτε να χρησιμοποιήσει πολύ ζεστό σίδερο; Υπάρχει μια βέλτιστη ταχύτητα, για να περπατήσει κάποιος πάνω σε αναμμένα κάρβουνα; Μ' άλλα λόγια, μπορεί κάποιος να τρέχει πάνω στ' αναμμένα κάρβουνα;

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

3.69

Οι βροντεροί σωλήνες των καλοριφέρ

Ποια είναι η αιτία του ηχητικού σφυροκοπήματος, που παράγουν μερικές φορές οι σωλήνες των καλοριφέρ;

Ικανότητα εκπομπής

Ικανότητα απορρόφησης

3.70

Το αλουμινόχαρτο

Το αλουμινόχαρτο, που χρησιμοποιούμε συνήθως στις κουζίνες μας, είναι γυαλιστερό από τη μια πλευρά και θαμπό (ματ) από την άλλη. Όταν περιτυλίγουμε τρόφιμα, ας πούμε πατάτες, για να τις ψήσουμε, έχει σημασία ποια από τις δύο πλευρές του αλουμινόχαρτου θα τεθεί εξωτερικά; Και ποια πλευρά πρέπει να είναι εξωτερική, αν τα τρόφιμα πρόκειται να καταψυχθούν;

3.71

Γερασμένοι γλόμποι

Γιατί αποκτούν οι γλόμποι γκρίζο χρώμα, όταν «γερνάνε»; Αποκτά γκρίζο χρώμα όλη η επιφάνειά τους ή μόνο η μια μεριά τους;

3.72

Τι σημαίνει «κοκκίνησε από τη ζέστη»

Θα ξέρετε φυσικά πως ένα σώμα, όταν το ζεσταίνουμε αρκετά, πυρακτώνεται και ακτινοβολεί. Η τσιμπίδα του τζακιού είναι ένα κλασικό παράδειγμα. Μπορείτε να υπολογίσετε τη θερμοκρασία, που πρέπει να έχει η τσιμπίδα, ώστε η θερμική ακτινοβολία της να είναι ορατή; Έχει σημασία αν η τσιμπίδα είναι φτιαγμένη από απλό σίδερο ή από ανοξείδωτο χάλυβα;



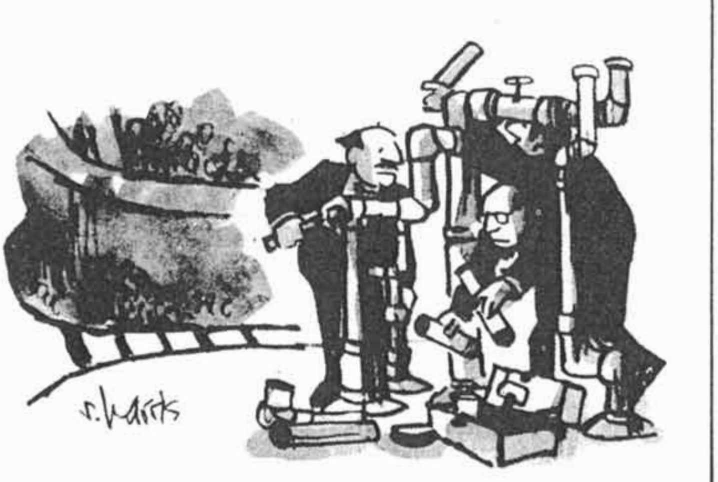
Εικόνα 3.73
Κλιματισμός με ψυγείο.

3.73

Δροσίζοντας το σπίτι με το ψυγείο

Δοκίμασα μια μέρα που έκανε πολύ ζέστη, να δροσίσω το δωμάτιό μου αφήνοντας την πόρτα του ηλεκτρικού ψυγείου μου ανοιχτή (εικ. 3.73). Τι νομίζετε; Έπεσε η θερμοκρασία του δωματίου ή όχι;





Ικανότητα εκπομπής

Ικανότητα απορρόφησης

3.74

Μαύρες φόρμες γλυκού

Γιατί ο πυθμένας σε μερικές φόρμες γλυκού βάφεται μαύρος; Αν θέλετε να φτιάξετε ένα ξεροψημένο γλυκό, γιατί πρέπει να διαλέξετε σκεύος από πυρίμαχο γυαλί και όχι από μέταλλο; Εάν πρέπει, όμως, να χρησιμοποιήσετε μεταλλικό σκεύος γιατί θα ήταν προτιμότερο ο πυθμένας του να είναι τραχύς και όχι γυαλιστερός και λείος;

Γνωρίζετε πιθανώς αυτή την αρχή, έχει όμως σε τελευταία ανάλυση κάποια πρακτική σημασία; Πειραματιστείτε πολλές φορές, για να βεβαιωθείτε.

Πίεση

Μη γραμμική ταλάντωση

3.76

Ένα λιλιπούτειο ατμόπλοιο

Υπάρχει ένα πλοίο μινιατούρα (εικ. 3.76), που κινείται χάρη σ' ένα απίθανο προωστικό σύστημα. Δύο σωλήνες συνδέονται με το λέβητα, που βρίσκεται στο πάνω πίσω μέρος του πλοίου. Ο λέβητας γεμίζει με νερό και θερμαίνεται από ένα κερί· ο ατμός σπρώχνει το νερό που είναι μέσα στους σωλήνες, και έτσι προωθείται το πλοίο. Όταν, όμως αδειάσει ο λέβητας, είναι λογικό το πλοίο να σταματήσει. Κι όμως! Μια νέα ποσότητα νερού αναρροφάται και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται. Γιατί γίνεται η αναρρόφηση; Και γιατί, όταν αναρροφάται, δεν επιστρέφει το πλοίο εκεί απ' όπου ξεκίνησε;



Εικόνα 3.76
Τομή του μικρού ατμόπλοιου.

Ακτινοβολία

3.75

Η δολοφονική ακτίνα του Αρχιμήδη

Όταν οι Ρωμαίοι επιτέθηκαν στις Συρακούσες, γύρω στο 214 π.Χ, λέγεται πως ο Έλληνας σοφός Αρχιμήδης έσωσε την πόλη του, καίγοντας τα πλοία του εχθρικού στόλου με τις ακτίνες του ήλιου, τις οποίες κατεύθυναν ενάντια στα πλοία καθρέφτες εγκατεστημένοι στην ακρογιαλιά. Πιθανολογείται ότι πάρα πολλοί στρατιώτες κατεύθυναν ταυτόχρονα τις ανακλώμενες ακτίνες ενάντια σ' ένα μόνο καράβι, κι έτσι διαδοχικά κάψανε ολόκληρο τον εχθρικό στόλο. Ξέροντας ότι ο Αρχιμήδης δε διέθετε κάτοπτρα μεγάλων διαστάσεων θεωρείτε πιθανό ένα τέτοιο κατόρθωμα;

Μπορείτε να υπολογίσετε τον αριθμό των κατόπτρων, με επιφάνεια 1 τετραγωνικό μέτρο περίπου, που χρειάζονται για να βάλετε φωτιά σε ξερά ξύλα, που βρίσκονται σε απόσταση 100 μέτρων σε χρόνο λιγότερο από 1 λεπτό; Τα κάτοπτρα πρέπει να είναι κοίλα, κυρτά ή επίπεδα, αν η απόστασή τους από το στόχο μεταβάλλεται συνεχώς;

Και, αν είναι επίπεδα, τι διαστάσεις θα έχει το είδωλο του ήλιου πάνω στα ξύλα; Τέλος μπορεί ο Αρχιμήδης να κατέστρεψε μ' αυτόν τον τρόπο όλο το Ρωμαϊκό στόλο;

Θερμική αγωγιμότητα

Ειδική θερμότητα

3.77

Ακουμπώντας κρύα αντικείμενα

Όλα τα αντικείμενα που έχουν την ίδια θερμοκρασία, δε θα έπρεπε να δίνουν την ίδια αίσθηση, όταν τα ακουμπάμε; Δε θα έχετε, φαντάζομαι, καμιά αντίρρηση να φορέσετε τα ρούχα σας, αν έχουν θερμοκρασία 20° C· αλλά τι θα λέγατε, αν σας υποχρέωναν να ξαπλώσετε γυμνός σε μια άδεια μπανιέρα, που έχει την ίδια θερμοκρασία;

Ποια διαφορά υπάρχει στις δυο αυτές περιπτώσεις;



Εικόνα 3.78
«Δε μου φταίει ούτε η ζέστη ούτε η υγρασία αλλά αυτή η καταρραμένη ολόμαλλη κελεμπία μου»

Μετατροπή φάσης

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

Ακτινοβολία

3.78

Γιατί οι κελεμπίες έχουν άσπρο χρώμα;

Γιατί οι κάτοικοι των τροπικών χωρών φορούν ρούχα άσπρου χρώματος (αν υποθέσουμε ότι πράγματι φορούν); Λέγεται πως αυτό το χρώμα τους προστατεύει αποτελεσματικότερα από τη ζέστη. Είναι αυτό αληθινό και μπορεί να επαληθευτεί με μετρήσεις; Και οι λευκοί κάτοικοι αυτών των περιοχών προστατεύονται καλύτερα με τα άσπρα ρούχα; Ποια «συνιστώσα» της ηλιακής ακτινοβολίας είναι αυτή που ζεσταίνει περισσότερο, η υπεριώδης η ορατή ή η υπερέρυθρη. Ποια είναι η συμπεριφορά των άσπρων ρούχων σε κάθε μια από τις παραπάνω ακτινοβολίες; Ποιο ποσοστό θερμότητας προέρχεται απευθείας από τον ήλιο και ποιο από τις ανακλάσεις του φωτός στα γύρω αντικείμενα; Τέλος πώς θα προτιμούσατε να διασχίσετε μια έρημο, ντυμένος στα άσπρα ή τελείως γυμνός;

Θερμική αγωγιμότητα και απορρόφηση

3.79

Μαγειρικά σκεύη από μαντέμι

Υπάρχει ένα παλιό μυστικό σχετικά με το μαγείρεμα, που λέει ότι είναι καλύτερα τα μαντεμένια σκεύη σε σύγκριση με τα χαλύβδινα.

Όλοι οι μάγειροι, είτε είναι ερασιτέχνες είτε μεγάλοι σεφ, ορκίζονται πως το φαγητό ψήνεται ομοιόμορφα στο μαντέμι και δεν καίγεται.

Υπάρχει κάποια φυσική εξήγηση γι' αυτό το γεγονός;

Ακτινοβολία - Θερμότητα - Ροή

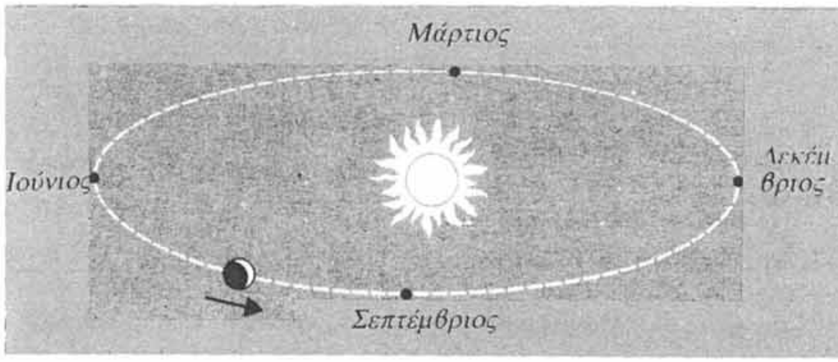
Θερμική αγωγιμότητα

3.80

Η καθυστέρηση των εποχών

Γιατί κάνει κρύο το χειμώνα και ζέστη το καλοκαίρι; Μήπως επειδή η γη βρίσκεται πιο κοντά στον ήλιο το καλοκαίρι και πιο μακριά το χειμώνα; Όχι, γιατί στην πραγματικότητα συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο. (εικ. 3.80). Προσπαθήστε να προβλέψετε ποιοι είναι οι πιο ψυχροί μήνες του χρόνου. Αν η πρόβλεψή σας στηριχτεί στη συνηθισμένη αντίληψη, θα απαντήσετε ότι οι πιο ψυχροί μήνες είναι ο Νοέμβριος, ο Δεκέμβριος και ο Γενάρης, ενώ οι πιο ζεστοί ο Μάης, ο Ιούνιος, και ο Ιούλιος. Κι όμως, οι μετεωρολογικές προβλέψεις, όπως και η προσωπική σας εμπειρία, αποδεικνύουν πως οι πιο ψυχροί είναι ο Δεκέμβριος, ο Γενάρης και ο Φλεβάρης, ενώ οι πιο ζεστοί είναι ο Ιούνιος, ο Ιούλιος, ο Αύγουστος και συχνά ο Σεπτέβριος.

Η γιαγιά μου έλεγε ότι, όταν οι μέρες μεγαλώνουν, μεγαλώνει και το κρύο. Γιατί λοιπόν, οι εποχές καθυστερούν κατά ένα μήνα σε σχέση με τις προβλέψεις σας;



Εικόνα 3.80
Η τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο.

Θερμοκρασία

Κινητική Θεωρία Ακτινοβολία

3.81
Η θερμοκρασία του Διαστήματος

Ποια είναι η θερμοκρασία στο χώρο του Διαστήματος, όπου ο αστροναύτης βγαίνει από το διαστημόπλοιο και περπατά; Εάν έχει μαζί του ένα θερμόμετρο, τι θερμοκρασία θα δείξει;

Ακτινοβολία

3.82
Φαινόμενο «Θερμοκηπίου»

Το θερμοκήπιο έχει σχεδιαστεί, για να διατηρεί ζεστό το περιβάλλον των φυτών. Πώς επιτυγχάνεται αυτό; Χρειάζεται ειδικό ή κοινό γυαλί; Μια αμφιλεγόμενη εφαρμογή της αρχής του «θερμοκηπίου» σχετίζεται με τα αποτελέσματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για παράδειγμα η καθιέρωση των μεταφορών με υπερηχητικά αεροπλάνα σε μεγάλα ύψη μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφική υπερθέρμανση της γης. Το ίδιο υποστηρίζεται ότι θα προκαλέσει η γενικότερη ατμοσφαιρική ρύπανση. Πώς, όμως, σχετίζεται αυτή με το φαινόμενο του θερμοκηπίου; Το θέμα είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο βέβαια.

Μερικοί πάλι υποστηρίζουν ότι η ρύπανση θα προκαλέσει όχι υπερθέρμανση αλλά ψύξη της γης και θα δημιουργηθεί πιθανώς μια νέα εποχή παγετώνων. Αν θέλει κανείς μπορεί να βρει μια ενδιαφέρουσα περιγραφή της επίδρασης των νεφών στη μεταφορά της ηλιακής ακτινοβολίας προς τη γη στο εξαιρετικό βιβλίο επιστημονικής φαντασίας του Fred Hoyle «*Το Μαύρο σύννεφο*».

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

Αγωγιμότητα

Ακτινοβολία

3.83
Γιατί κρυώνετε;



(Από το «Ελλάδα Ελλαδάρα μας!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

Γιατί κρυώνετε, όταν βρεθείτε γυμνός στο ύπαιθρο; Εκφεύγει θερμότητα από το σώμα σας στον αέρα λόγω θερμικής αγωγής; Γιατί ένα γούνινο παλτό σας κρατά ζεστό; Δεν άγει τη θερμότητα αυτό;

Καθήστε μπροστά σ' ένα μεγάλο παράθυρο μια ψυχρή μέρα με το πρόσωπο στραμμένο προς αυτό· στη συνέχεια κάνετε μεταβολή. Είναι πολύ πιθανό να αισθανθείτε πιο έντονα το κρύο στο πρόσωπό σας στην πρώτη θέση. Γιατί συμβαίνει αυτό, αφού η θερμοκρασία του αέρα δεν αλλάζει ξαφνικά, την ώρα που κάνετε τη μεταβολή; Στην ταινία «2001» η «Οδύσσεια του Διαστήματος» ένας αστροναύτης μένει στο Διάστημα για λίγα δευτερόλεπτα χωρίς τη στολή του. (Ο συγγραφέας Arthur Clarke πιστεύει ότι αυτό είναι δυνατό χωρίς να προκαλέσει καμιά βλάβη στον αστροναύτη!). Κατά τη διάρκεια μιας τέτοιας παραμονής στο Διαστρικό χώρο ο άνθρωπος αισθάνεται το κρύο;

Πώς προσαρμόζονται μερικοί άνθρωποι σε τέτοιες συνθήκες εργασίας, που η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή; Εξάλλου μερικοί άνθρωποι επιδιώκουν το κρύο για θρησκευτικούς λόγους ή για να αποδείξουν την αντοχή τους. Ο Δαρβίνος ανακάλυψε μια

ακραία περίπτωση προσαρμογής. Η Ινδιάνικη φυλή Yahgan της Νότιας Αμερικής ζει σε θερμοκρασίες κοντά στο 0° C· φορούν μάλιστα μόνο μια γούνινη κάπα ριγμένη στους ώμους. Ποια αλλαγή της φυσιολογίας του οργανισμού επιτρέπει αυτήν την προσαρμογή; Γιατί τέλος ανατριχιάζουμε, όταν κρυώνουμε;



Εικόνα 3.83
«Έκανε streaking»

Θερμικές απώλειες

3.84

Η Μόνωση των σωλήνων της θέρμανσης

Τους σωλήνες της θέρμανσης τους καλύπτουμε συνήθως με αμίαντο για να μειωθούν οι θερμικές απώλειες. Λογικοφανές λοιπόν συμπέρασμα είναι ότι ο αμίαντος είναι χειρότερος αγωγός θερμότητας σε σύγκριση με τον αέρα. Στην πραγματικότητα, αντίθετα ο αμίαντος είναι καλύτερος αγωγός της θερμότητας από τον αέρα. Γιατί τότε, τον χρησιμοποιούμε για μονωτικό υλικό, ενώ λογικά δεν είναι σωστό;

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

3.85

Η διεύθυνση του ανέμου την ώρα της κατιαγίδας

«Δε χρειάζεται να
είσαι μετεωρολόγος για
να καταλάβεις προς τα
πού φυσάει ο άνεμος...»
Bob Dylan*

Όταν ξεσπά μια καταιγίδα λίγα χιλιόμετρα μακριά σας και κατευθύνεται προς το μέρος σας, ο άνεμος πνέει με τη φορά της καταιγίδας ή αντίθετα; Έχετε παρατηρήσει ότι αλλάζει αυτός κατεύθυνση, όταν σας πλησιάζει η καταιγίδα; Γιατί;

***Σ.τ. Μ: Από το δίσκο του: Subterranean Homesick Blues.**

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

3.87

Νέφη από έντομα στα δέντρα

Την ώρα που δύει ο ήλιος, έχουν παρητηθεί πολλές φορές, πάνω από τις κορφές των δέντρων σκοτεινές σκιές σαν λοφία (εικ. 3.87). Αν και μοιάζουν με καπνό, μια πιο προσεχτική παρατήρηση μας πείθει ότι αποτελούνται από σμήμη εντόμων, συνήθως κουνουπιών. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι κατακόρυφοι με σαφέστατο περίγραμμα και συχνά δημιουργούν την ψευδαίσθηση ότι το δέντρο έχει πάρει φωτιά.

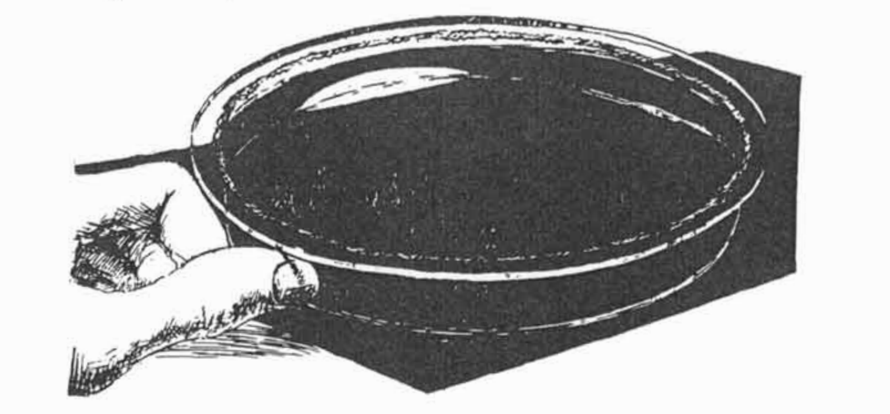
Το ίδιο φαινόμενο έχει παρατηρηθεί πάνω από κεραίες τηλεόρασης και καμπαναριά. Διηγούνται εξάλλου και την ιστορία των

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

3.86

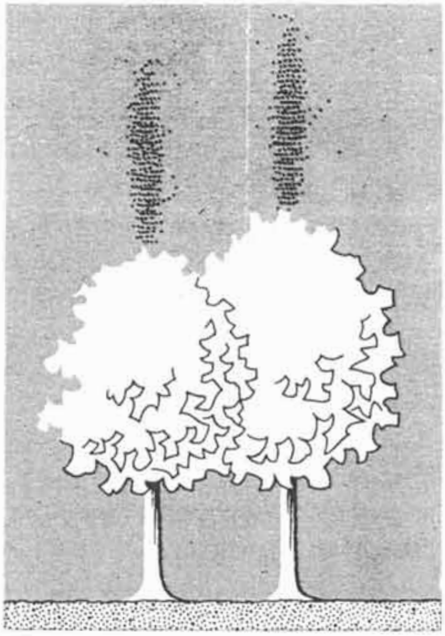
Ασημένια κύματα από το χέρι σας

Πασπαλίστε με λίγη σκόνη αλουμινίου ένα ρηχό πιάτο, που περιέχει οινόπνευμα και τοποθετήστε το στο ψυγείο. Όταν κρυώσει καλά, ακουμπήστε το δάχτυλό σας στο γείσο του. Δημιουργούνται ασημένια κύματα και διαδίδονται με αφετηρία το δάχτυλό σας (εικ. 3.86). Πώς παράγονται αυτά τα κύματα; (Η σκόνη χρειάζεται μόνον για να τα κάνει ορατά). Τι θα συμβεί αν το οινόπνευμα έχει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και αντί για το δάχτυλό σας ακουμπήσει ένα παγάκι στο πιάτο;



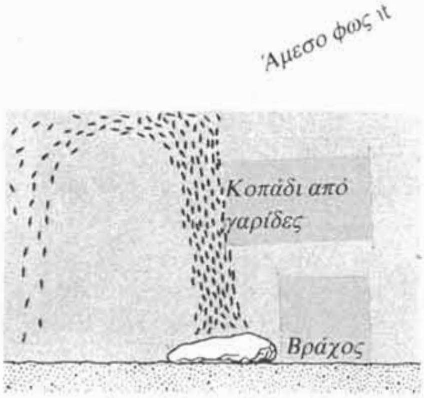
Εικόνα 3.86
Ασημένια κύματα διαδίδονται στο οινόπνευμα. (Από το «Amateur Scientist» του Scientific American, 1967)

πυροσβεστών, που έτρεξαν να σβήσουν τη φωτιά σε μια εκκλησία, όπου αντί για φωτιά συνάντησαν σύννεφα από κουνούπια. Γιατί δημιουργούνται αυτά τα σμήνη εντόμων;



Εικόνα 3.87
Νέφη από έντομα
(Από τον J.H. Wiersm, Science, 152, 387, 1966)

ναι προφανές. Γιατί ανεβαίνουν τόσες πολλές γαρίδες προς την επιφάνεια του νερού, μόνο πάνω από βράχους που φωτίζονται από τον ήλιο; Και άν ο φωτισμός είναι απαραίτητος, γιατί στη συνέχεια μένουν στη σκιά; Όταν μια γαρίδα φτάνει στην επιφάνεια του νερού, χωρίζεται από το κοπάδι και βυθίζεται πάλι. Γιατί ξαναγυρίζει στο κοπάδι, για να κάνει πάλι την περιστροφή «της μεγάλης ρόδας»;



Εικόνα 3.88

ται σκληρά. Αν αυτή η θερμότητα δεν απελευθερωνότανε με διάφορους τρόπους, η θερμοκρασία του σώματος θα ανέβαινε 15° C την ώρα, πράγμα που θα είχε, μοιραίες συνέπειες. Πώς διαφεύγει αυτή η θερμότητα στο περιβάλλον; Μπορείτε να περιγράψετε τη σχετική διαδικασία; Το κούρεμα του γκαζόν μια φορά τη βδομάδα, είναι άσκηση ελαφριά. Εγώ όμως αισθανόμουν πάντα εξαντλημένος. Υπάρχουν από την άλλη πλευρά άνθρωποι που κάνουν αυτή τη δουλειά κάθε μέρα, χωρίς να νιώθουν τέτοια κούραση. Το σώμα τους καταφέρνει και προσαρμόζεται στον καύσωνα. Τι ακριβώς συμβαίνει; Ο ρυθμός παραγωγής της θερμότητας παραμένει ο ίδιος. Επομένως πρέπει να μεταβάλλεται κατά κάποιο τρόπο ο μηχανισμός διαφυγής, της θερμότητας.

Οι υψηλές θερμοκρασίες είναι ανεκτές στο Τέξας, γιατί η υγρασία εκεί είναι μικρή. Γιατί η ζέστη είναι πολύ πιο ενοχλητική σε περιοχές με μεγάλη υγρασία;

Διαδόση θερμότητας δια μεταφοράς

3.88

Τροχός από γαρίδες

Όταν μαζεύονται πολλές γαρίδες σ' ένα σημείο της θάλασσας, σχηματίζουν όπως τα κουνούπια, ένα μεγάλο «νέφος». Τα κοπάδια του είδους αυτού, που μπορεί να έχουν όγκο πολλών κυβικών μέτρων, βρίσκονται συνήθως πάνω από ένα βράχο, που φωτίζεται από τον ήλιο. Οι γαρίδες παρατάσσονται έτσι που να μην τις χτυπούν οι ακτίνες του ήλιου. Το ερώτημα που τίθεται εί-

Μετατροπή φάσης
Λανθάνουσα θερμότητα
Εξάτμιση

3.89

Καύσωνες

Εάν κουρέψατε ποτέ γκαζόν κατακαλόκαιρο, όπως έκανα εγώ στο Τέξας, θα απορήσατε σίγουρα πώς είναι δυνατό να παραμένει το σώμα σας τόσο δροσερό. Μια μεγάλη ποσότητα θερμότητας, που μπορεί να φτάσει τα 1400 kcal ανά ώρα παράγεται από το ανθρώπινο σώμα, όταν εργάζε-

Ψύξη
Αγωγιμότητα
Θερμική ακτινοβολία

3.90

Πώς κρυώνει ένα φλιτζάνι καφέ

«Ψυχή μου! τι λιακάδα! τι ουρανός! τι φύσις!
αχνίζει εμπροστά μου ο καϊμακλής καφές...»*

Γ. Σουρή

Υποθέστε ότι ετοιμάζετε ένα φλιτζάνι καφέ και ότι σε πέντε λεπτά αρχίζετε το μάθημά σας. Επι-

θυμία σας είναι να απολαύσετε όσο γίνεται πιο ζεστό τον καφέ σας με την έναρξη του μαθήματος. Τι πρέπει να κάνετε όμως; Να βάλετε το γάλα την ώρα που τον φτιάχνετε ή λίγο πριν αρχίσει το μάθημα; Πότε πρέπει να ρίξετε τη ζάχαρη; Πότε και πόσο πρέπει να τον ανακατέψετε; Αν δε θέλετε να τον ανακατέψετε, σας συμφέρει να μείνει το κουτάλι μέσα στο φλιτζάνι; Η απάντησή σας θα ήταν διαφορετική, αν το γάλα είχε μαύρο κι όχι άσπρο χρώμα; Η απάντησή σας εξαρτάται από το χρώμα του φλιτζανιού; Δοκιμάστε στο μέτρο του δυνατού, να δώσετε απάντηση, κάνοντας αριθμητικούς υπολογισμούς.

*Σ.τ.Μ: «Ρωμηός» από τα «Άπαντα» τόμ. 4 (Εκδ. Γιοβάνης)

Διαχύση και θερμοκρασία

3.91

Πώς να εμφανίσετε ένα έγχρωμο φιλμ μιας μηχανής Πολαρόϊντ.

Ας πούμε ότι θέλετε να εμφανίσετε μια έγχρωμη φωτογραφία, που τραβήξατε με μηχανή Πολαρόϊντ. Επειδή κάνει κρύο, πρέπει να την εμφανίσετε, ακουμπώντας την πάνω σε μια μεταλλική πλάκα, που την έχετε προηγουμένως ζεστάνει με το σώμα σας. Εάν δεν ενεργήσετε έτσι, τα χρώματα δε θα βγουν καλά, διότι οι χρωστικές ουσίες δε θα φτάσουν έγκαιρα στην επιφάνεια του θετικού φιλμ. Γιατί επιδρά η θερμοκρασία με αυτόν τον τρόπο στη διάρκεια διάχυσης των χρωστικών ουσιών;

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

Αγωγιμότητα

Ακτινοβολία

Λανθάνουσα θερμότητα

3.92

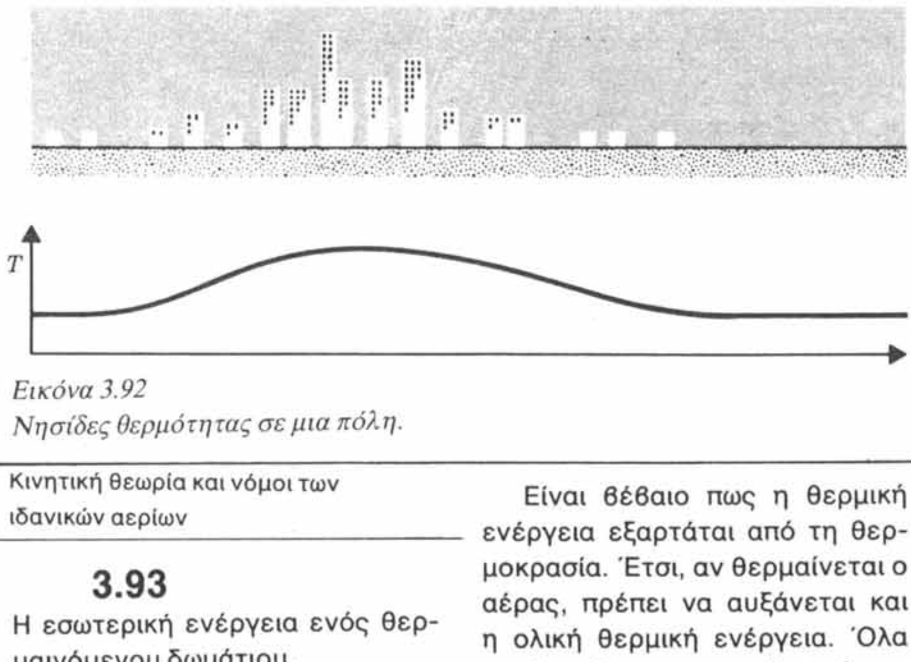
Νησίδες θερμότητας

Οι πόλεις είναι θερμότερες κατά 5-10° C από τα προάστια που τις περιβάλλουν (εικ. 3.92). Γιατί;

Εκτός από τον πολύ μεγαλύτερο αριθμό πηγών θερμότητας της πόλης, πώς επηρεάζεται αυτή η διαφορά θερμοκρασίας από τα ψηλά αστικά κτίρια, τις μεγάλες πέτρινες και τσιμεντένιες επιφάνειες, το γρήγορο στράγγισμα των νερών της βροχής, το μάζεμα του χιονιού, τη μεγάλη συγκέντρωση σκόνης, τη συχνότητα εμφάνισης νέφους και ομίχλης, κ.τ.λ.;

Οι μετεωρολόγοι, που σχεδίασαν την καμπύλη κατανομής της θερμοκρασίας μιας πόλης, μικρής ή μεγάλης, ανακάλυψαν «νησίδες θερμότητας», συγκεντρωμένες γύρω από το κέντρο της πόλης. Η θερμοκρασία κατεβαίνει όσο απομακρυνόμαστε απ' αυτές τις νησίδες και πλησιάζουμε τα προάστια και το ύπαιθρο.

Μια από τις συνέπειες αυτής της θερμοκρασιακής κατανομής είναι η πρωϊμότερη ανθοφορία σε περιοχές, που βρίσκονται κοντά στο κέντρο των πόλεων.



Εικόνα 3.92
Νησίδες θερμότητας σε μια πόλη.

Κινητική θεωρία και νόμοι των ιδανικών αερίων

3.93

Η εσωτερική ενέργεια ενός θερμαινόμενου δωματίου.

Όταν μια σόμπα ζεσταίνει ένα δωμάτιο, αυξάνει και την ολική θερμική ενέργεια του αέρα; (Η θερμική ενέργεια του αέρα δεν είναι παρά η κινητική ενέργεια των μορίων του).

Είναι βέβαιο πως η θερμική ενέργεια εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Έτσι, αν θερμαίνεται ο αέρας, πρέπει να αυξάνεται και η ολική θερμική ενέργεια. Όλα αυτά φαίνονται σωστά, φρόνιμο όμως είναι κατά την εξέταση του προβλήματος αυτού να θεωρήσετε ως δεδομένο ότι δεν μεταβάλλεται η ολική θερμική ενέργεια. Αλλά είναι δυνατό να συμβαίνει κάτι τέτοιο;

Ακτινοβολία

3.94

Καπνογόνα δοχεία μέσα σε πορτοκαλεώνες

Όταν φοβόμαστε ότι θα ρίξει πάγο τη νύχτα, τοποθετούμε στους πορτοκαλεώνες καπνογόνα δοχεία.* Γιατί; Τα τοποθετούμε μάλιστα τόσο μακριά το ένα από το άλλο, ώστε είναι αδύνατη η θέρμανση των πορτοκαλιών. Πού αποβλέπει λοιπόν η μέθοδος αυτή; Χρησιμοποιούνται ποτέ την ημέρα;

*Σ. τ. Μ: Τα δοχεία αυτά περιέχουν καμμένα λάδια αυτοκινήτων· έτσι, όταν καίγονται, βγάζουν πυκνό καπνό. Κατά μια άλλη μέθοδο βάζουν φωτιά σε παλιά λάστιχα αυτοκινήτων.

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

Αγωγιμότητα

3.95

Κουβέρτα από χιόνι

Ο κίνδυνος να παγώσουν οι αγροτικές καλλιέργειες, όταν συμβεί μια απότομη πτώση θερμοκρασίας, είναι πολύ μικρότερος, αν από πριν έχει πέσει μπόλικο χιόνι και τις έχει καλύψει. Γιατί;

Νόμος του Wien

3.96

Πυρκαγιές από ατομικές βόμβες

Η έκρηξη μιας ατομικής βόμβας προκαλεί πολλαπλούς κινδύνους στην ανθρώπινη ζωή. Στους χειρότερους κινδύνους πρέπει να συγκαταλέξουμε αυτούς που προέρχονται από τις πολλές πυρκαγιές, που ακολουθούν μια τέτοια έκρηξη. Μία και μόνο βόμβα ενός μεγατόνου μπορεί να βάλει φωτιά σε ρούχα, ξερά ξύλα και άλλα παρόμοια αναφλέξιμα υλικά, αν βρίσκονται σε ακτίνα 15km από το σημείο της έκρηξης. Με την ισχύ που έχουν οι σημερινές βόμβες, η ακτίνα δράσης τους μπορεί να μετατοπιστεί στο διπλάσιο. Η γιγαντιαία κατά συνέπεια, πυρκαγιά που θα προκληθεί, θα οδηγήσει στην πλήρη καταστροφή της ζωής σε τεράστια έκταση. Παρ' όλα αυτά, αν βρίσκεστε σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων από το σημείο της έκρηξης, θα έχετε τον καιρό (μέχρι 3 δευτερόλεπτα!) να κρυφτείτε πίσω από κάποιο εμπόδιο, που θα σας προστατέψει.

Κατ' αρχήν γνωρίζετε πώς ακριβώς μπορεί να προκαλέσει ο πυρηνικός «αέρας» πυρκαγιές σε μια ακτίνα μερικών χιλιομέτρων από το σημείο έκρηξης; Στη συνέχεια, γιατί υπάρχει χρονικό περιθώριο των 3sec μέχρι το ξέσπασμα των πυρκαγιών;

Ανάπτυξη κρυστάλλων

3.97

Σχηματισμός κρυστάλλων

Γιατί χρειάζονται μικρά σωμάτια – πιθανόν προσμίξεις –, για να αρχίσει η ανάπτυξη κρυστάλλων σ' ένα υπέρκορο διάλυμα;

3.98

Η συμμετρία των νιφάδων χιονιού

Οι νιφάδες του χιονιού έχουν σχήμα εξαγωνικό ή σχήμα άστρου με έξι απολήξεις. Γιατί; Γιατί και τα έξι κομμάτια της νιφάδας είναι εντελώς όμοια; Πώς είναι δυνατό κάθε τμήμα της νιφάδας να «γνωρίζει» τι συμβαίνει στο διπλανό του, καθώς σχηματίζεται η νιφάδα;

Επιφανειακή τάση

Διαβρεξιμότητα

3.99

Δύο ελκυστικά μπισκότα

Αν αφήσετε δύο στρογγυλά μπισκότα να επιπλεύσουν στο γάλα σας, θα διαπιστώσετε ότι έλκονται μεταξύ τους. Πώς εξηγείτε αυτή την ελκτική τάση; Υπήρχε δυνατότητα να απωθούνται μεταξύ τους, αν τα είχατε αφήσει να επιπλέουν σε άλλο (κατάλληλα διαλεγμένο) υγρό;

Τριχοειδές φαινόμενο

3.100

Οργωμένα αγροκτήματα

Τα χωράφια σε περιοχές με σχεδόν ξερό κλίμα οργώνονται συχνά, ώστε το χώμα στην επιφάνειά τους να γίνεται αφράτο. Γιατί;

Αν αφήσουμε το ίχνος μιας πατημασιάς πάνω στο οργωμένο έδαφος, το χώμα στο μέρος αυτό γίνεται ξερό και σκληρό. Γιατί;

Επιφανειακή τάση

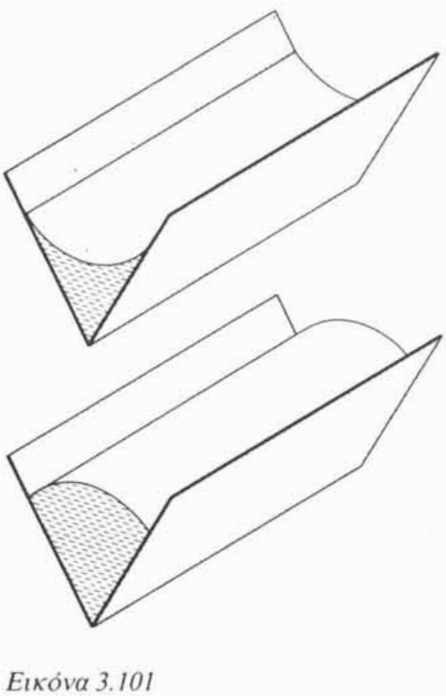
Διαβρεξιμότητα

3.101

Πώς σχηματίζουν τα υγρά μηνίσκους στην επιφάνειά τους;

Η επιφάνεια μερικών υγρών καμπυλώνεται με αποτέλεσμα να «σκαρφαλώνουν» αυτά στα τοιχώματα γυάλινων σωλήνων· άλλα πάλι κάνουν το αντίθετο και «λυγίζουν» προς τα κάτω. Γιατί; Ποια δύναμη τραβά τα υγρά προς τα πάνω ή προς τα κάτω; Ποια είναι η διαφορά τους από άποψη μικροσκοπική ή ατομική; Μπορείτε να μαντέψετε τη μορφή της επιφάνειας κάθε υγρού;

Μερικές σταγόνες υγρών διατηρούν τη μορφή τους και μετά την εναπόθεσή τους πάνω σε μια επίπεδη γυάλινη επιφάνεια. Τι τις εμποδίζει να απλωθούν; Ποια διαφορά υπάρχει μεταξύ ενός υγρού «διαβρεκτικού» και ενός μη «διαβρεκτικού»; Ποιο σχήμα, τέλος,



Εικόνα 3.101
Με ποιο τρόπο καμπυλώνεται ένα μη διαβρεκτικό υγρό;

παίρνει μια σταγόνα μη «διαβρεκτική», όταν βρίσκεται πάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια;

Φανταστείτε ότι ένα μη «διαβρεκτικό» υγρό βρίσκεται μέσα σε μια «σκάφη» όπως αυτή της εικόνας 3.101. Ποια από τα δύο σχήματα νομίζετε ότι αντιστοιχεί σ' αυτό; Μήπως και τα δύο είναι πιθανά, ανάλογα με τη γωνία της «σκάφης»; Αν αληθεύει αυτό, ποια είναι η γωνία που θα κάνει την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού επίπεδη;

Οσμωτική πίεση

Ατμοσφαιρική πίεση

Αρνητική τάση

3.102

Πώς ανεβαίνουν οι χυμοί στα δέντρα;

Πώς ανεβαίνουν οι χυμοί στα δέντρα, ιδίως στα μεγάλα (μερικές Σεκόϊες* φτάνουν 120m ύψος). Υπάρχει φυσικά διαφορά πίεσης μεταξύ της κορυφής του δέντρου και των ριζών του. Αλλά γιατί;

Το δέντρο λειτουργεί σαν αντλία αναρρόφησης; Εάν ναι, τότε το ύψος όλων των δέντρων δε θά 'πρεπε να υπερβαίνει τα 10m, αφού το ύψος αυτό είναι το όριο κάθε αντλίας αναρρόφησης.

Μήπως υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες, που ερμηνεύουν το φαινόμενο;

* Σ. τ. Μ: Σεκόϊα ή ουελικτωνία ή γιγαντιαία ή ουελικτωνία ή αηθαλής (red wood)

Οσμωτική πίεση

Τριχοειδές φαινόμενο

Πήξη

3.103

Κολονάκια από πάγο φυτρωμένα στη γη

Έχετε δει ποτέ κολονάκια πάγου να φυτρώνουν στη γη, με αξιώσεις μάλιστα να φτάσουν το ύψος των 5 εκατοστών; Εξετάζοντας από κοντά ένα τέτοιο κολονάκι, θα ανακαλύψετε πιθανώς στην κορυφή του χώμα και πετρούλες. Το ίδιο το έδαφος παραδόξως δεν είναι παγωμένο αλλά συνήθως υγρό, όταν φυτρώνει ένα τέτοιο κολονάκι. Ποια είναι η αιτία αυτού του φαινομένου; Εάν η θερμοκρασία είναι τόσο χαμηλή, ώστε να δημιουργείται πάγος, δε θα έπρεπε το έδαφος να είναι επίσης παγωμένο; Τέλος, τι περιορίζει το ύψος της κολονίτσας;

Τριχοειδές φαινόμενο

Οσμωτική πίεση

Πήξη

3.104

Συγκομιδή λίθων από τον κήπο σας

Εάν έχετε καλλιεργήσει ποτέ λαχανόκηπο, θα έχετε αντιμετωπίσει τον τακτικό ετήσιο ερχομό των λίθων, που πρέπει να μαζεύονται κάθε άνοιξη. Σε μερικές περιοχές δεν κάνουν την εμφάνισή τους, σ' άλλες η συγκομιδή είναι πλούσια.

Είναι προφανές ότι αυτές οι πέτρες, που μεταναστεύουν προς την επιφάνεια, προέρχονται

από βράχους, που βρίσκονται βαθιά μέσα στη γη. Πού οφείλεται όμως η μετανάστευση αυτή; Είναι γνωστό ότι οι πέτρες έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από το χώμα.

Έτσι θα έπρεπε να κατεβαίνουν αντί να ανεβαίνουν. Τι είναι αυτό, που τις υποχρεώνει να ανεβαίνουν;

Οσμωτική πίεση

Τριχοειδές φαινόμενο

Πήξη

3.105
Η παραμόρφωση των δρόμων το χειμώνα

«Δεν ξέρω ποιος μισεί τις
μάντρες τόσο.
Φουσκώνει σαν κύμα το
χώμα στη
βάση τους, τις αναποδογυρίζει και
τις αφήνει να λιάζονται
ανήμπορες
στον ήλιο...»

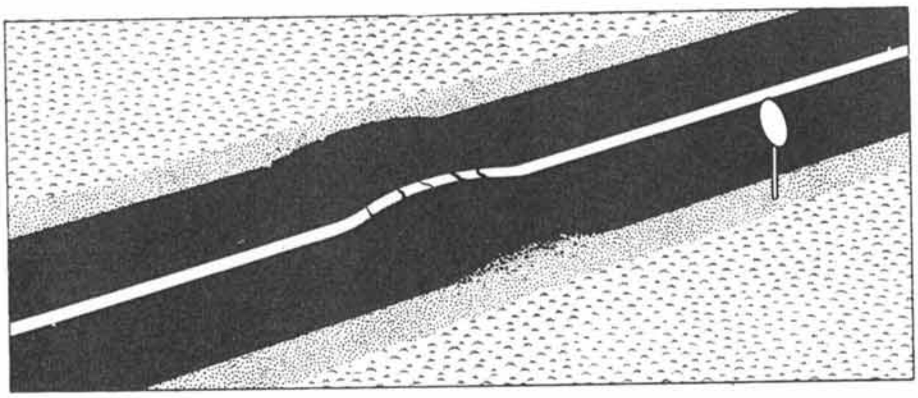
Robert Frost

Απο το ποιήμα του: Η επισκευή της μάντρας

Εάν έχετε ζήσει ποτέ σε ψυχρές χώρες, θα έχετε παρατηρήσει «σαμάρια» στους ασφαλτοστρωμένους δρόμους ή ρωγμές στους τσιμεντένιους. (εικ. 3.105).

Το ύψος αυτών των «σαμαριών» μπορεί να φτάσει τα 30 εκατοστά.

Πώς δημιουργούνται οι παραμορφώσεις αυτές; Η πρώτη μου σκέψη είναι ότι το νερό που βρίσκεται κάτω από το δρόμο, αυξάνει τον όγκο του, όταν παγώνει. Θα χρειαζότανε όμως μεγάλη ποσότητα νερού, για να δημιουργήσει τα «σαμάρια» αυτά, γεγονός που δεν ευνοεί την ερμηνεία αυτή. Ποια είναι όμως, η αιτία που τα δημιουργεί;



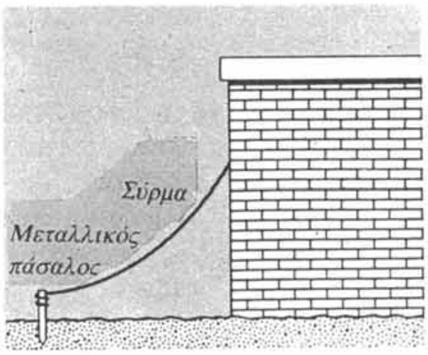
Εικόνα 3.105
Παραμορφώσεις του δρόμου τον χειμώνα.

Τριχοειδές φαινόμενο

Οσμωτικές δυνάμεις

3.106
Πώς «βραχυκυκλώνεται» ένας τοίχος

Οι τοίχοι έχουν υγρασία στα σημεία που βρίσκονται κοντά στο έδαφος. Ένας τρόπος για να την αποφύγετε, είναι να συνδέσετε αγώγιμα με σύρμα τον υγρασιασμένο τοίχο με έναν μεταλλικό πάσαλο, μπηγμένο στο έδαφος (εικ. 3.106). Δε μας χρειάζεται ούτε μπαταρία ούτε κάποια άλλη πηγή ενέργειας παρά μόνον ένας μεταλλικός πάσαλος και ένα σύρμα. Πώς όμως ένα τέτοιο «βραχυκύκλωμα» εμποδίζει την υγρασία να σκαρφαλώσει στον τοίχο;



Εικόνα 3.106

Επιφανειακή τάση

3.107
Σαπουνόφουσκες

Ποια είναι η αιτία της συνοχής των μορίων μιας σαπουνόφουσκας; Πόση είναι η πίεση στο εσωτερικό της; Μια σαπουνόφουσκα κινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω, αν αφεθεί ελεύθερη στον αέρα;

Υπάρχει κάποια συγκεκριμένη

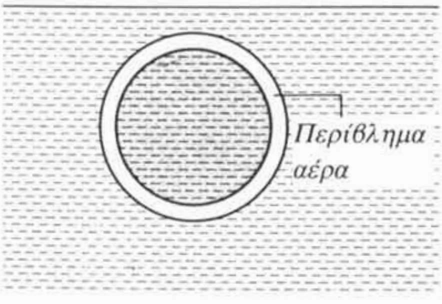
περιοχή της, που να έχει σε σύγκριση με τις άλλες περισσότερες πιθανότητες να σκάσει;

Επιφανειακή τάση

Άνωση

3.108
Ανάποδες σαπουνόφουσκες

Εύκολα μπορούμε να φτιάξουμε «ανάποδες» σαπουνόφουσκες, (τέτοιες δηλαδή φούσκες, που ο αέρας και το νερό να έχουν αντιστρέψει τους ρόλους τους), ρίχνοντας αργά και προσεχτικά το σαπουνοδιάλυμα σε ένα δοχείο με νερό από ύψος μερικών χιλιοστών. Εάν αδειάσετε το διάλυμα λίγο πιο γρήγορα, μπορεί μια σταγόνα να διεισδύσει στο νερό αδιάλυτη και καλυμμένη από ένα λεπτό υμένιο εγκλωβισμένου αέρα. Έτσι δημιουργείται μια «ανάποδη» σαπουνόφουσκα. (εικ. 3.108). Οι φούσκες αυτές έχουν τα ίδια χρώματα με τις συνηθισμένες; Το πάχος του αέριου υμένιου είναι ομοιόμορφο; Οι φούσκες κινούνται προς τα πάνω ή προς τα κάτω μέσα στο νερό; Πιστεύετε τέλος, πως η εξάτμηση της εγκλωβισμένης από τον αέρα σταγόνας θα είναι συνεχής και θα οδηγήσει τελικά στο σκάσιμο της φούσκας;



Εικόνα 3.108

Τριχοειδές φαινόμενο

3.109
Το τρεμόσβημα των κεριών

Γιατί η φλόγα των κεριών ιδίως των μικρών, ταλαντώνεται και τρεμοπαίζει, πριν σβήσει; Τι καθορίζει τη συχνότητα της ταλάντωσης;

Καύση

3.110
Έκρηξη σκόνης

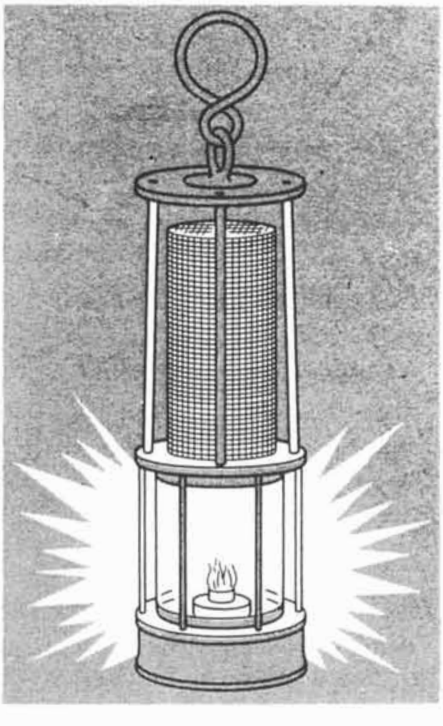
Μια από τις πιο αγαπημένες μου φάρσες, όταν ήμουνα φοιτητής, ήταν η αντικατάσταση του γλόμπου που φώτιζε το δωμάτιο κάποιου συναδέλφου μου, με ένα μικρό σακουλάκι, μισογεμάτο αλεύρι και ένα σύρμα. Το σύρμα σχεδόν έκλεινε το κύκλωμα έτσι που το άνοιγμα του διακόπτη προκαλούσε σπινθήρα. Λίγο πριν μπει στο δωμάτιό του το «θύμα», κούναγα το σακουλάκι έτσι ώστε να γεμίζει αιωρούμενη αλευρόσκονη. Φαντάζεστε τη σκηνή; Ο φίλος μου πάταγε το διακόπτη αλλά αντί ν' ανάψει το φως, έσκαγε το σακουλάκι, σκεπάζοντας μ' ένα λεπτό στρώμα αλευριού με τέλειο τρόπο όλο το δωμάτιο.

Αυτές οι εκρήξεις σκόνης αποτελούν ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα για μερικές βιομηχανίες, όπου συσσωρεύεται στατικός ηλεκτρισμός σε κτίρια γεμάτα σκόνη.

Γιατί και στις δύο περιπτώσεις ένας σπινθήρας προκαλεί έκρηξη της αιωρούμενης σκόνης;

Καύση

Θερμική αγωγιμότητα



Εικόνα 3.111

3.111
Οι λάμπες των ανθρακωρύχων

Η φλόγα της λάμπας των ανθρακωρύχων είναι πολύ επικίνδυνη, διότι μέσα στα ορυχεία παράγονται εκρηκτικά μείγματα αερίων. Κι όμως ο κίνδυνος αυτός μπορεί να αποφευχθεί, εάν τοποθετηθεί ένα λεπτό μεταλλικό πλέγμα πάνω από τη φλόγα της λάμπας, όπως βλέπετε στην εικ. 3.111. Το πλέγμα αυτό, δεν εμποδίζει βέβαια, τα εκρηκτικά αέρια μείγματα να έρθουν σε επαφή με τη φλόγα, αποτρέπει όμως την έκρηξη. Γιατί;

Αποξήρανση

Τάσεις

3.112

Πολύγωνα λάσπης και ρωγμές ξηρασίας

Θα έχετε δει τις ρωγμές που συχνά σχηματίζονται στη λάσπη, όταν αυτή ξεραίνεται. Διερωτηθήκατε όμως γιατί δημιουργούνται και γιατί παίρνουν πολυγωνικές μορφές; Μερικές φορές οι άκρες του πολύγωνου κυρτώνονται προς τα πάνω και σχηματίζουν έναν κύλινδρο που αποσπάται από το πολύγωνο.

Η εξέλιξη της αεροφωτογράφισης από αεροπλάνα ή δορυφόρους επέτρεψε την παρατήρηση γιγαντιαίων πολύγωνων σε κοιλάδες ερήμων, στις οποίες βρέχει αραιά και που. Το μέσο μήκος αυτών των πολυγωνων είναι περίπου 300m και κάθε σχισμή έχει πλάτος μέχρι 1m και βάθος μέχρι 5m. Γιατί σχηματίζονται οι ρωγμές στο έδαφος; Υπάρχει κάποιος λόγος να δεχτούμε, όπως έχουν κάνει μερικοί επιστήμονες, ότι τα πολύγωνα που σχηματίζονται από τις ρωγμές, τείνουν να γίνουν πεντάγωνα ή εξάγωνα; Με άλλα λόγια, υπάρχει κάποια προτιμητέα τιμή για τη γωνία τομής δύο ρωγμών;

Τάσεις

Πήξη

3.113

Θερμικές ρωγμές του εδάφους

Οι ρωγμές της λάσπης δεν είναι οι μόνοι σχηματισμοί, που υπάρχουν στο έδαφος. Για παράδειγμα, πολυγωνικές ρωγμές υπάρχουν στο διαρκώς παγωμένο έδαφος της αρκτικής και της ανταρκτικής. Τι προκαλεί τις ρωγμές σ' αυτή την περίπτωση; Υπάρχει κάποια προτιμητέα τιμή για αυτή γωνία τομής δυο ρωγμών;

3.114

Κύκλοι από πέτρες

Οι μικρές πέτρες παρατάσσονται έτσι στο έδαφος, ώστε να σχηματίζουν συχνά κύκλους ή πολύγωνα (εικ. 3.114). Τι μετατρέπει την τυχαία τους κατανομή σ' αυτήν των γεωμετρικών σχημάτων;



Εικόνα 3.114



Εικόνα 3.115
«Και τώρα το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα...»

Εντροπία

3.115

Η ζωή και ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος

Όσο επαναπαύεται ο άνθρωπος και
όσο ακινητοποιούνται τα πράγματα,
τόσο εξαθλιώνονται, σαπίζουν και βρωμάνε...

Céline

Η θερμοδυναμική μας διδάσκει ότι η εντροπία, που είναι το μέτρο της αταξίας ενός συστήματος, αυξάνεται πάντα σε κάθε μη αντιστρεπτή μεταβολή του (αυτό ονομάζεται και δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής).

Τι συμβαίνει όμως με τη γέννηση και τη ζωή; Η δημιουργία και η ανάπτυξη ενός ανθρώπινου όντος δεν αποτελεί κατάφωρη παραβίαση του νόμου αυτού, αφού κατά τη διαδικασία αυτή μειώνεται η αταξία της ύλης; Ανάλογη παραβίαση του νόμου δεν αποτελεί και η εξέλιξη των ζωντανών ειδών στη μακραίωνη πορεία τους;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4


G. ΚΑΡΑΜΕΤΟΣ

"περί ανέμων, υδάτων και άλλων"

* Από τη συλλογή «Στην κοιλάδα με τους ροδώνες» του Ν. Εγγονόπουλου (εκδ. Ίκαρος)

Υδροστατική
(4.1 έως 4.14)

Πίεση των ρευστών	Άνωση
Αρχή του Πασκάλ	Αρχή του Αρχιμήδη

4.1
Συγκρατώντας τη Βόρεια θάλασσα

Έχετε υπόψη σας την ιστορία του μικρού Ολλανδού που έσωσε την πόλη του, βουλώνοντας με το δάχτυλο την τρύπα, που ανακάλυψε στο φράγμα; Πώς τα κατάφερε; Πώς μπόρεσε ένα μικρό αγόρι να τα βάλει με την πίεση ολόκληρης της Βόρειας θάλασσας;

4.2
Αναπνέοντας μέσα από ένα σωλήνα

«...τώρα κρυμμένος στο ποτάμι
ανασαίνεις
Φο Μι Τσιν
ανασαίνεις με καλάμι...»*

Δ. Σαββόπουλος

Αν κάνετε κατάδυση, μέχρι ποιο βάθος θα μπορείτε να αναπνέετε μέσα από ένα απλό σωλήνα, που επικοινωνεί βέβαια με την επιφάνεια; Τι είναι αυτό που περιορίζει τη δυνατότητα της αναπνοής ανάλογα με το βάθος;

*Σ.τ.Μ: «Βιετνάμ γιε-γιε» από τη συλλογή «Τα λόγια από τα τραγούδια» (Εκδ. Ίκαρος)

4.3
Μετρώντας την πίεση του αίματος

Γιατί μετράνε οι γιατροί την πίεση του αίματος στο χέρι σας, σε σημείο του μάλιστα που βρίσκεται στο ίδιο ύψος με την καρδιά; Θα μπορούσαν να τη μετρήσουν εξ ίσου καλά και σε κάποιο σημείο του ποδιού;

4.4
Στον τελευταίο υδροφράχτη του Παναμά

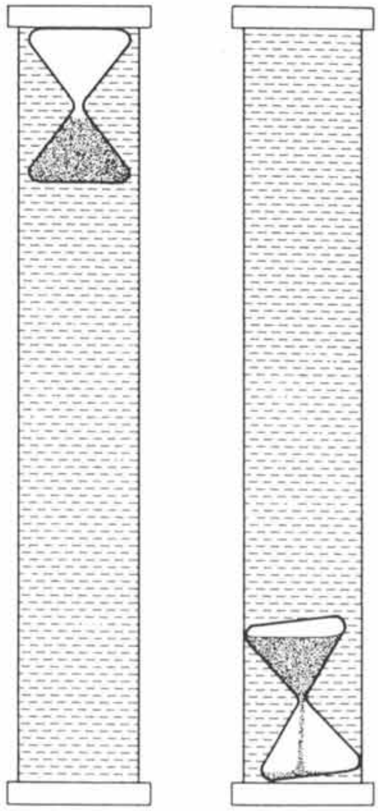
Ένα πλοίο περιμένει υπομονετικά στον τελευταίο υδροφράχτη της Διώρυγας του Παναμά, ενώ η στάθμη του νερού χαμηλώνει. Όταν φύγει αρκετό νερό, η πύλη που οδηγεί στον ωκεανό μισοανοίγει. Στη συνέχεια ο επιστάτης του υδροφράχτη βάζει μπροστά το μηχανισμό, για να ολοκληρώσει το άνοιγμά της. Το πλοίο τότε αρχίζει να κινείται προς τη θάλασσα χωρίς τη βοήθεια ρυμουλκού και χωρίς τη χρήση της δύναμης του κινητήρα του. Ποια δύναμη όμως το σπρώχνει προς τη θάλασσα;

4.5
Η στάθμη του Ωκεανού στον Παναμά

Ίσως να γνωρίζετε ότι υπάρχει διαφορά στάθμης στον Ωκεανό μεταξύ των δύο άκρων της Διώρυγας του Παναμά. Κατά τη διάρκεια της ξηράς περιόδου η διαφορά αυτή είναι μικρή, αντίθετα στις περιόδους των βροχών, μπορεί να φθάσει και τα 30 εκατοστά. Γιατί η στάθμη του Ωκεανού δεν είναι παντού ίδια;

4.6
Η άνωση της κλεψύδρας

Φανταστείτε μια κλεψύδρα να επιπλέει στο νερό, που περιέχει ένας στενός σωλήνας (εικ. 4.6). Αν αναποδογυρίσουμε το σωλήνα θα καταφέρει και πάλι να επιπλεύσει; Η άμμος που βρισκόταν αρχικά στο κάτω τμήμα της κλεψύδρας με το αναποδογύρισμα βρέθηκε πάνω και άρχισε να «χύνεται» προς το κάτω τμήμα. Τόσο το βάρος, όσο και ο όγκος της κλεψύδρας παρέμειναν ίδια. Έτσι η κλεψύδρα, αν και πρέπει να ανέβει στο πάνω μέρος του σωλήνα, παραμένει στο κάτω, μέχρις ότου «μεταγγιστεί» όλη ή άμμος από το ένα της τμήμα στο άλλο. Γιατί; Μήπως η άνωση της κλεψύδρας εξαρτάται από το πού βρίσκεται η άμμος, στο πάνω δηλαδή ή στο κάτω τμήμα της;



Εικόνα 4.6
Η κλεψύδρα δεν επιπλέει όταν αναποδογυρίσουμε το σωλήνα νερού. (Από το «Mathematical Games» του Martin Gardner. Copyright 1966 από το Scientific American, Inc.)

4.7

Μια βάρκα βουλιάζει στην πισίνα

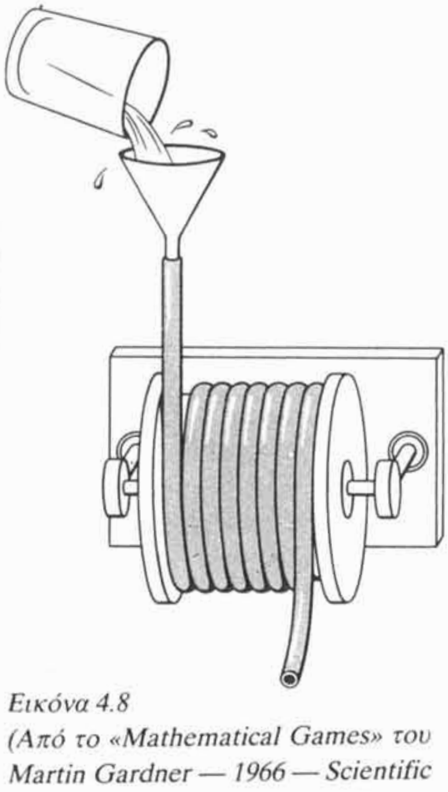
Είναι παγκοσμίως γνωστό το πρόβλημα της βάρκας που επιπλέει σε μια πισίνα. Όταν ρίξουμε μια πέτρα από τη βάρκα στην πισίνα, η στάθμη του νερού της θα ανέβει, θα κατέβει ή θα μείνει αμετάβλητη; Την ερώτηση αυτή τη θέσανε στους George Gamow, Robert Oppenheimer και Felix Bloch, — μεγάλα ονόματα στο χώρο της σύγχρονης Φυσικής — οι οποίοι αιφνιδιάστηκαν και απάντησαν όλοι τους λανθασμένα. Τι συμβαίνει στη στάθμη του νερού, αν γίνει μια τρύπα στον πυθμένα της βάρκας κι αρχίσει αυτή να βυθίζεται;

Αν η στάθμη του νερού αλλάζει πραγματικά, πότε θ' αρχίσει αυτή μεταβολή και ειδικότερα, μήπως θ' αρχίσει, τη στιγμή που εισέρχεται για πρώτη φορά το νερό στη βάρκα;

4.8

Ο ιδιότροπος σωλήνας του ποτίσματος

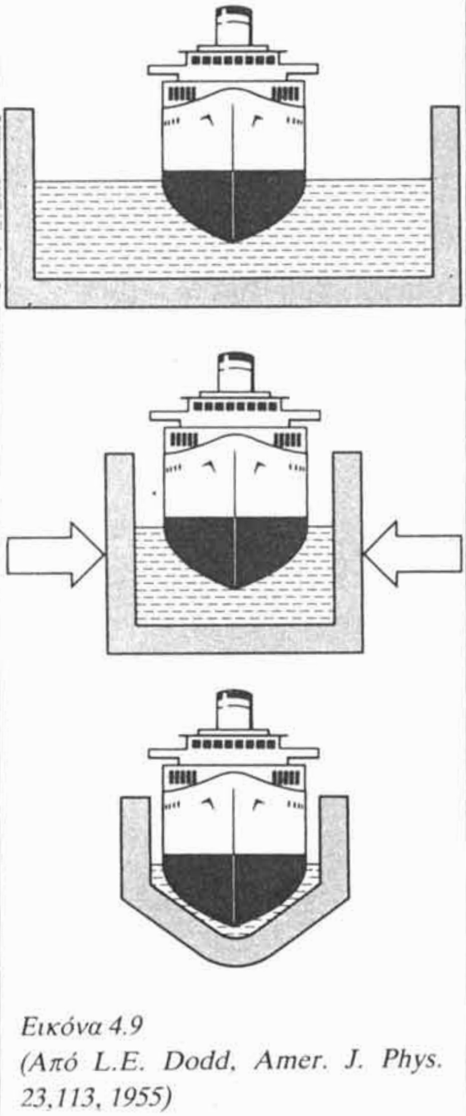
Αν χύσετε νερό στο στόμιο, ενός τυλιγμένου σωλήνα του ποτίσματος, όπως φαίνεται στην εικ. 4.8, θα περιμένετε μάταια να βγει το νερό από το άλλο, ανοιχτό βέβαια, στόμιό του. Σας πληροφορώ ότι δε θα τρέξει σταγόνα. Το πιο εκπληκτικό όμως είναι ότι η ποσότητα νερού που μπορεί να εισχωρήσει στο σωλήνα, είναι πολύ λίγη. Γιατί;



Εικόνα 4.8
(Από το «Mathematical Games» του Martin Gardner — 1966 — Scientific American, Inc.)

4.9

Πλοίο σε δεξαμενή



Εικόνα 4.9
(Από L.E. Dodd, Amer. J. Phys. 23,113, 1955)

Υποθέστε ότι ένα πλοίο μπαίνει μέσα σε μια δεξαμενή και ότι το νερό της λιγοστεύει, όσο αυτή στενεύει (εικ. 4.9). Ποιο πρέπει να είναι το ελάχιστο βάθος του νερού της δεξαμενής, ώστε να συνεχίζει να επιπλέει σ' αυτήν ένα πλοίο 2 περίπου τόνων;

4.10

Η ευστάθεια του υποβρυχίου

Με ποιο τρόπο αναδύεται ή καταδύεται ένα υποβρύχιο; Πώς τα καταφέρνει και παραμένει βυθισμένο σ' ένα ορισμένο βάθος; Δε θα έπρεπε η διαφορά πυκνότητας στα διάφορα στρώματα του νερού, όπου βρίσκεται το υποβρύχιο, να διαταράσσει την ισορροπία του; Είναι δυνατό ασφαλώς να γίνουν μικρές διορθώσεις, για να αντιμετωπιστούν οι διαφορές της πυκνότητας, οι διορθώσεις όμως αυτές δεν είναι καθόλου πρακτικές.

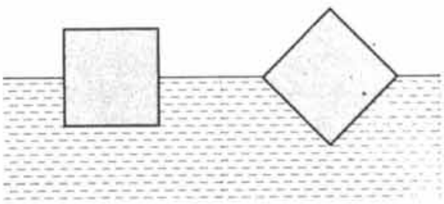
Από την άλλη πλευρά πάλι, αφού απαιτούνται συνθήκες απόλυτης ησυχίας, ώστε να αποφευχθεί η αναγνώριση του υποβρυχίου, απαγορεύονται ασφαλώς οι συνεχείς κινήσεις που θα απαιτούσαν οι παραπάνω διορθώσεις. Υπάρχουν ευτυχώς αρκετές υποθαλάσσιες ζώνες, όπου διατηρεί ευσταθή την ισορροπία του ένα υποβρύχιο παρά τις διαταραχές που προκαλεί η θάλασσα.

Τι το ιδιαίτερο παρουσιάζουν οι περιοχές αυτές, που ονομάζονται θερμοκλινείς;

4.11

Ο προσανατολισμός της δοκού που επιπλέει

Μπορεί μια μακρόστενη δοκός τετραγωνικής διατομής να επιπλέει, ισορροπώντας πάνω σε μια πλευρά της ή πάνω σε μια ακμή της; (εικ. 4.11). Ακόμα κι αν βρείτε εύκολα την απάντηση, προσπαθήστε να πειραματιστείτε παρατηρώντας τον τρόπο που επιπλέουν διαφόρων ειδών δοκοί τετραγωνικής διατομής μέσα σε διάφορα υγρά. Καταγράψτε, μάλιστα, τα αποτελέσματα που θα παρατηρήσετε, και τις αντίστοιχες πυκνότητες δοκού και υγρού. Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα αυτά υπήρξε σωστή η διαίσθησή σας;



Εικόνα 4.11

4.12

Το ψάρι αναδύεται και καταδύεται

Τα ψάρια αναδύονται και καταδύονται, όπως τα υποβρύχια; Συμπιέζουν ή αποσυμπιέζουν τη νηκτική τους κύστη για να αλλάξουν βάθος; Αυτή η εξήγηση είναι λογικοφανής δεν είναι όμως και σωστή, διότι τα ψάρια δεν ασκούν μυϊκό έλεγχο στη νηκτική τους κύστη. Αλλά πώς τα καταφέρνουν; Τα ψάρια δεν μπορούν να επιζήσουν σε απότομες μεταβολές βάθους, (γι' αυτό και ο μπακαλιάρος όταν ψαρεύεται με δίχτυα, ανασύρεται νεκρός στην επιφάνεια, επειδή σύρουμε το δίχτυ απότομα και γρήγορα). Μπορούν όμως να επιζήσουν σε τρομακτικά βάθη. Ένα ψάρι για παράδειγμα, σε βάθος 5.000 μέτρων αντέχει σε πίεση 500 κιλοπόντ ανά τετραγωνικό εκατοστόμετρο (500kp/cm²). Πώς δικαιολογείτε την αντοχή του ψαριού κάτω από τόσο μεγάλη πίεση;*

* Σ.τ.Μ: ή αλλιώς πίεση περίπου 500 ατμοσφαιρών.

Ατμοσφαιρική πίεση

Επιφανειακή τάση

4.13

Αναποδογυρισμένο ποτήρι με νερό

Τοποθετήστε ένα κομμάτι χαρτόνι πάνω στο στόμιο ενός ποτηριού με νερό (το ποτήρι δεν είναι απαραίτητο να είναι γεμάτο). Αναποδογυρίστε το ποτήρι, κρατώντας το χαρτόνι στη θέση που αρχικά το τοποθετήσατε. Στη συνέχεια απομακρύνατε το χέρι σας από το χαρτόνι.

Θα παρατηρήσετε ότι παραμένει αυτό στην αρχική του θέση και ότι το νερό δε χύνεται. Γιατί;

Δοκιμάστε το ίδιο πείραμα μ' ένα μακρύ γυάλινο σωλήνα (60cm μήκους περίπου και διαμέτρου 3 ή 4 cm) κλειστό στο ένα άκρο του. Το χύσιμο ή όχι του νερού, όταν αναποδογυρίσετε το σωλήνα εξαρτάται από την ποσότητα νερού, που περιέχει ο σωλήνας. Μπορείτε άραγε να υποψιασθείτε κάτω από ποιες συνθήκες; Όταν ο σωλήνας είναι σχεδόν άδειος ή σχεδόν γεμάτος, κατά το αναποδογύρισμά του, το νερό δε χύνεται. Αντίθετα, όταν είναι μισογεμάτος, το χαρτόνι δεν μπορεί να συγκρατήσει το νερό και έτσι χύνεται. Γιατί;

4.14

Ταξίδι στην αιωνιότητα

Οι πνιγμένοι αρχικά βουλιάζουν· μετά από μερικές μέρες αναδύονται και επιπλέουν στην επιφάνεια. Γιατί;

Κύματα βαρύτητας

Αστάθεια Rayleigh - Taylor

4.15

Ισορροπία ενός αναποδογυρισμένου ποτηριού με νερό

Αν τραβούσατε ξαφνικά το χαρτόνι, που κάλυπτε το στόμιο του αναποδογυρισμένου ποτηριού στο πρόβλημα 4.13, θα χυνόταν ασφαλώς το νερό. Η βαρύτητα, θα υποστήριζετε, θα το τραβούσε προς τα κάτω. Η πτώση όμως του νερού με ποιο τρόπο θα άρχιζε; Η επιφάνεια του νερού δεν είναι αρχικά σταθερή; Και δεν συγκρατιέται από τις ίδιες πάντα ακριβώς δυνάμεις, για να εξουδετερώσει την έλξη που προκαλεί η βαρύτητα; Αν βρείτε το αίτιο για την αρχή της πτώσης του νερού μπορείτε κατόπιν να υπολογίσετε πόσο θα διαρκέσει το άδειασμα του ποτηριού;

Άνωση

Ευστάθεια

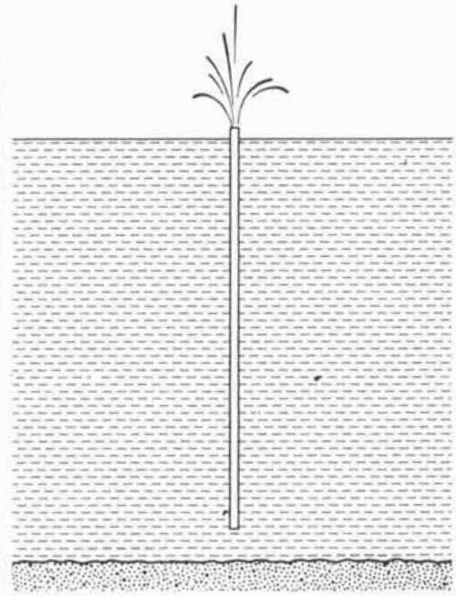
Μοριακή και θερμική διάχυση

4.16

Η αέναη πηγή

Οι ωκεανοί στις τροπικές και υποτροπικές ζώνες, έχουν ζεστά και αλμυρά νερά κοντά στην επιφάνεια, κρύα και λιγότερο αλμυρά στα κατώτερα στρώματα. Εάν βυθίσουμε ένα σωλήνα μέχρι τον

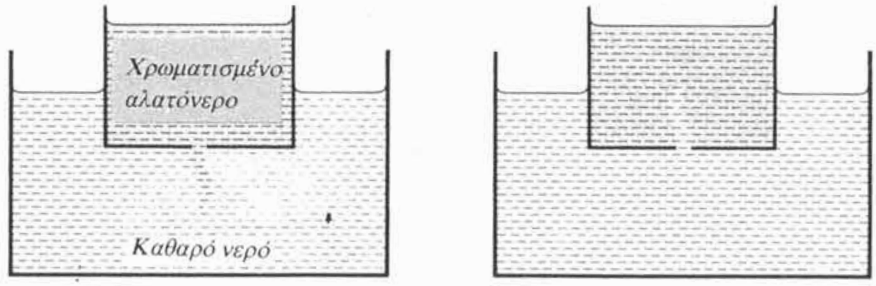
πυθμένα της θάλασσας και αντλήσουμε νερό προς την επιφάνεια μπορεί να δημιουργηθεί μια φαινομενικά αεικίνητη πηγή. Θα αφαιρέσουμε στη συνέχεια την αντλία, το νερό θα συνεχίσει και μόνο του θα αναβλύζει. Τι συντηρεί τη λειτουργία της πηγής αυτής; Αποτελεί ένα αληθινό αεικίνητο;



Εικόνα 4.16
Αέναη πηγή

Άνωση

Μοριακή και θερμική διάχυση



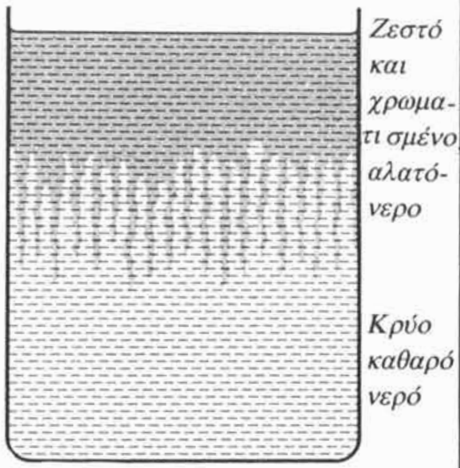
Εικόνα 4.18

4.18
Αλάτινος ταλαντωτής

Αν πάρετε ένα συνηθισμένο λεπτό κουτί κονσέρβας, τρυπήσε τη βάση του με μια καρφίτσα, το γεμίσετε με κορεσμένο διάλυμα αλατιού και το μισοβουτήξετε σ' ένα άλλο δοχείο με καθαρό νερό, θα αναμιχθούν τελικά τα υγρά των δύο δοχείων; Και βέβαια θ' αναμιχθούν, κατά έναν παράδοξο μάλιστα τρόπο. (Χρωματίστε το ένα από τα δύο υγρά, ώστε να μπορείτε να τα διακρίνετε). Θα παρατηρήσετε μια περιοδική ανταλλαγή μεταξύ των δύο διαλυμάτων, το αλατισμένο δηλαδή νερό θα διαρρέει μέσω της τρύπας προς τα κάτω· το καθαρό νερό με τη σειρά του θα διαπερνά μέσα από την τρύπα προς τα πάνω κ.ο.κ. (εικ. 4.18). Η ταλάντωση αυτή μπορεί να διαρκέσει μέχρι και 4 μέρες, με περίοδο περίπου 4 sec. Γιατί διεξάγεται η περιοδική αυτή ανταλλαγή μεταξύ των δύο ρευστών και τι είναι εκείνο που καθορίζει την περιόδό της;

4.17
Κρόσσια αλατιού

Ένα φαινόμενο ανάλογο με το προηγούμενο μπορείτε να το παρατηρήσετε με όλη σας την άνεση μέσα στην κουζίνα σας. Γεμίστε ένα γυάλινο δοχείο με κρύο καθαρό νερό και προσθέστε (με προσοχή, ώστε να αποφύγετε την ανάμιξη) στο πάνω μέρος του δοχείου, ένα χρωματισμένο θερμό διάλυμα αλατιού (ο χρωματισμός χρησιμεύει απλά και μόνο για να διευκολύνει την παρατήρηση). Αυτόματα, θ' αναπτυχθούν μέσα από το διάλυμα που επιπλέει, «κρόσσια» που θα κρεμάνε και θα διεισδύουν στο καθαρό νερό, κάνοντας τη διαχωριστική επιφάνεια ημιδιαφανή (εικ. 4.17). Τα «κρόσσια» αυτά μπορείτε να τα διακρίνετε και σε συνθήκες που δεν επικρατεί η προηγούμενη διαφορά θερμοκρασίας, αρκεί να ρίξετε διάλυμα ζάχαρης πάνω σε διάλυμα αλατιού (χρησιμοποιήστε πάλι χρώμα). Τι είναι αυτό που επενεργεί στην ανάπτυξη των αιχμών αυτών και γιατί τα «κρόσσια» αυτά είναι τόσο σταθερά;



Εικόνα 4.17
Κρόσσια αλατιού

Φαινόμενο Bernoulli (4.19 έως 4.38)

Μεταφορά ορμής

Διαβρεχτικότητα

4.19

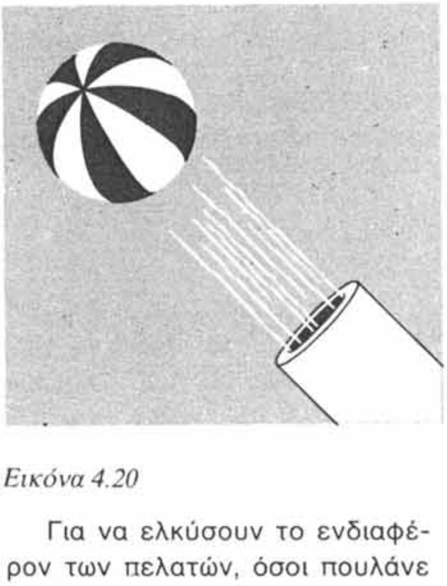
Η σιλουέτα μιας υδάτινης φλέβας

Το νερό, όταν τρέχει στρωτά από τη βρύση, σχηματίζει μια υδάτινη στήλη που όσο απομακρύνεται από τη βρύση όλο και λεπταίνει. Γιατί;

Μήπως αναπτύσσεται κάποια δύναμη που το συμπιέζει; Μπορείτε να υπολογίσετε τη μεταβολή της διαμέτρου της στήλης του νερού σε συνάρτηση με την απόστασή της από τη βρύση;

4.20

Μια μπάλα της θάλασσας σ' ένα ρεύμα αέρα



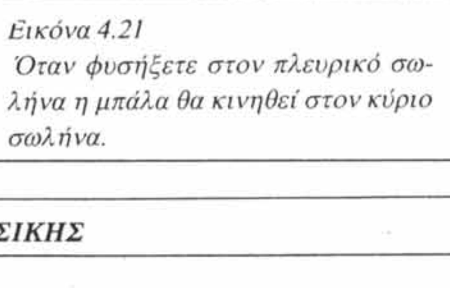
Εικόνα 4.20

Για να ελκύσουν το ενδιαφέρον των πελατών, όσοι πουλάνε ηλεκτρικές σκούπες, αντιστρέφουν καμιά φορά τη ροή του αέρα της σκούπας, (αντί να ρουφά τον αέρα τον φυσά προς τα έξω) και ισορροπούν πάνω στο ρεύμα του αέρα μια ελαφριά μπάλα (εικ. 4.20). Σ' αυτή τη θέση, η μπάλα ισορροπεί με ευστάθεια και παραμένει αιχμάλωτη του ρεύματος, ακόμα και όταν ο σωλήνας που το δημιουργεί, έχει αρκετή κλίση. Ακόμα κι ένα ισχυρό κτύπημα στη μπάλα δεν είναι ικανό να την απομακρύνει από το ρεύμα. Γιατί είναι τόσο ευσταθής η ισορροπία της μπάλας; Υπάρχει κάποια ειδική διεύθυνση του ρεύματος του αέρα, που αναγκάζει τη μπάλα να σπινάρει;

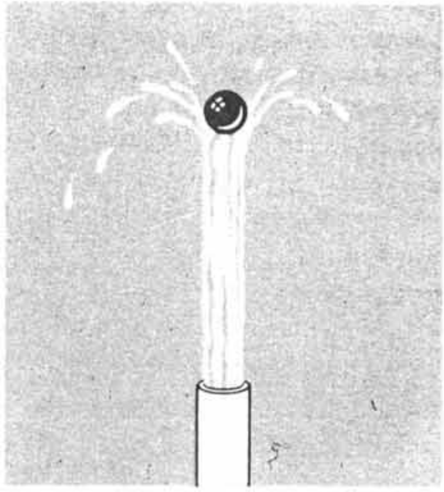
4.21

Παιχνίδι για γερά πνευμόνια

Υπάρχει ένα παιχνίδι με το όνομα «Blow - Go» που στηρίζεται στην αιώρηση (βλ. ερ. 4.20). Μια ελαφριά μπαλίτσα ισορροπεί μετέωρη, όταν φυσάμε μέσα από ένα μικρό πλευρικό σωλήνα (εικ. 4.21). Μ' ένα δυνατό και διαρκές φύσημα, η μπαλίτσα ανασηκώνεται μέχρι το ύψος του άλλου άκρου του σωλήνα, ρουφιέται και εισέρχεται μέσα του και τέλος κατρακυλάει και φτάνει στην αρχική της θέση. Σκοπός του παιχνιδιού είναι να κάνει η μπαλίτσα όσες περισσότερες περιστροφές γίνεται, μ' ένα και μόνο φύσημα (το προσωπικό μου ρεκόρ είναι πέντε ολόκληροι γύροι). Τι κάνει τόσο ευσταθή την ισορροπία της μπαλίτσας που αιωρείται, και τι την αναγκάζει να εισχωρεί στο πάνω άκρο του σωλήνα;



Εικόνα 4.21
Όταν φυσήξετε στον πλευρικό σωλήνα η μπάλα θα κινηθεί στον κύριο σωλήνα.



Εικόνα 4.22
Η μπάλα ισορροπεί στην κορυφή του πίδακα.

4.22

Μια μπάλα χορεύει πάνω στο νερό

Σ' ένα άλλο παρόμοιο τρικ μια μπάλα ισορροπεί πάνω σ' ένα κατακόρυφο συντριβάνι νερού (εικ. 4.22).

Μερικές φορές η μπάλα κάθεται για λίγα δευτερόλεπτα ήσυχα στην κορυφή του πίδακα συνήθως όμως κυματίζει και αναπηδά. Το χοροπήδημα έπρεπε λογικά να γινόταν αιτία εξώθησης της μπάλας από την κορυφή του πίδακα. Γιατί δε συμβαίνει αυτό; Τι την κρατάει εκεί πάνω; Μήπως είναι υπεύθυνοι και εδώ οι ίδιοι νόμοι της Φυσικής, όπως και στο πρόβλημα με τη μπάλα της θάλασσας στο ρεύμα του αέρα;* Για να είμαστε πάντως ειλικρινείς, η μπάλα το «σκάει» καμιά φορά από τη στήλη του νερού. Όταν πέφτει όμως, ξαναμπαίνει στον πίδακα και επιστρέφει στην προηγούμενη θέση της. Θα έκανε το ίδιο, αν βρισκόταν σε κενό αέρα; Τι

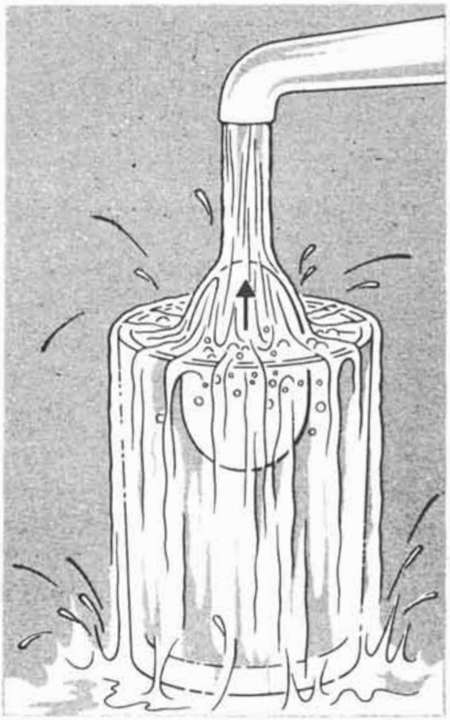
την επαναφέρει στο ρεύμα του νερού με τον παραπάνω τρόπο;

* Ένα ανάλογο φαινόμενο περιγράφεται στην ερώτηση 5.104.

4.23

Το νερό ανασηκώνει το αυγό

Ανοίξτε τη βρύση έτσι ώστε να χύνεται το νερό της πάνω σ' ένα αυγό, βυθισμένο σ' ένα ποτήρι με νερό (εικ. 4.23). Αν η ροή έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από μία κρίσιμη τιμή, το αυγό ανασηκώνεται σαν να έλκεται από το νερό που πέφτει. Γιατί υπάρχει και τι προσδιορίζει την κρίσιμη αυτή ταχύτητα ροής;



Εικόνα 4.23
Το ρεύμα του νερού τραβά το αυγό προς τα πάνω.

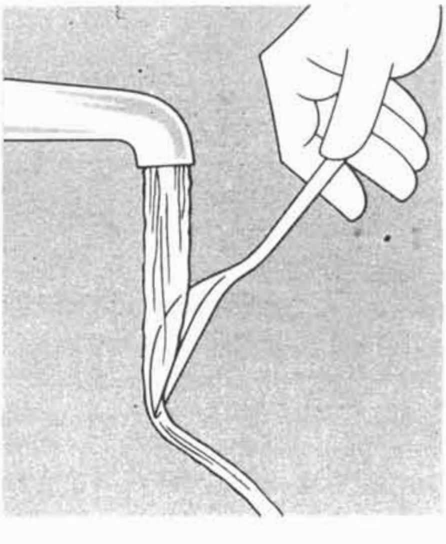
Μεταφορά ορμής

Διαβρεχτικότητα

4.24

Το διψασμένο κουτάλι

Αν κρατήσετε ένα ελαφρύ κουτάλι με την κυρτή του επιφάνεια προς τα πάνω και το παρεμβάλετε στο ρεύμα του νερού μιας βρύσης, όπως δείχνει η εικόνα 4.24, το κουτάλι θα δώσει την εντύπωση ότι προσκολλάται στο νερό. Αν τοποθετήσετε το κουτάλι έτσι, ώστε να έχει αρκετή κλίση, θα μπορέσετε ν' απομακρύνετε το χέρι σας αρκετά εκατοστά, χωρίς να δείξει το κουτάλι καμιά διάθεση να εγκαταλείψει το ρεύμα του νερού. Το νερό που πέφτει, θα είχε κάθε λόγο να σπρώξει το κουτάλι προς τα έξω και όχι να το ελκύσει. Τι είναι αυτό που κάνει το νερό να συμπεριφέρεται τόσο ελκυστικά;



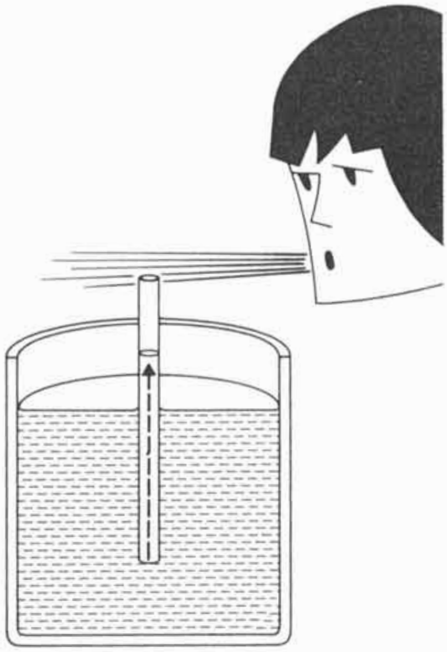
Εικόνα 4.24
Το κουτάλι προσκολλάται στο ρεύμα του νερού.

4.25

Ψεκαστήρες

Αν βυθίσετε στο νερό το άκρο ενός σωλήνα και φυσήξετε προς το άλλο του άκρο που είναι ελεύθερο (εικ. 4.25), μπορείτε να εξαναγκάσετε το νερό να αναρριχηθεί μέσα στο σωλήνα. Μ' ένα δυνατό φύσημα και χρησιμοποιώντας κοντό σωλήνα, μπορείτε να εντυπωσιάσετε τους φίλους σας. Μια πιο πρακτική εφαρμογή αυτού του φαινομένου είναι οι φιάλες aerosol.

Σ' αυτές ρεύμα πεπιεσμένου αέρα διέρχεται πάνω από μια στενή τρύπα που διαθέτει το δοχείο με το υγρό ψεκασμού. Πώς λειτουργούν αυτά τα spray και οι ψεκαστήρες;



Εικόνα 4.25
Όταν φυσάτε στην άκρη του σωλήνα το νερό ανεβαίνει.

4.26

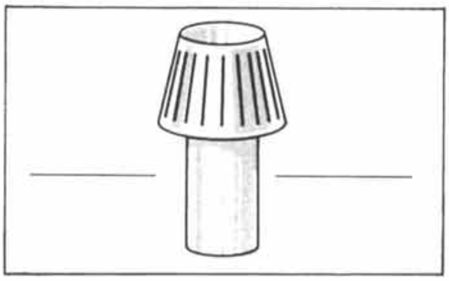
Τα τραίνα που φεύγουν

Όταν συναντιούνται δύο ταχείες αμαξοστοιχίες, που κινούνται με αντίθετη φορά, πρέπει να ελαττώσουν την ταχύτητά τους. Διαφορετικά θα σπάσουν τα τζάμια των παραθύρων τους. Γιατί άραγε; Αν σπάσουν τα τζάμια, θα πέσουν μέσα στο τραίνο ή θα εκσφενδονιστούν προς τα έξω;

Θα συμβεί το ίδιο, αν οι αμαξοστοιχίες κινούνται προς την αυτή κατεύθυνση; Όταν σταθείτε σε μικρή απόσταση από ένα τραίνο που περνά με μεγάλη ταχύτητα τι θα συμβεί; Θα νιώσετε έλξη, άπωση ή και τα δύο;

4.27

«Κλιματισμός» στις ποντικοφωλιές



Εικόνα 4.27α
Ο κώνος στην κορυφή του εξαεριστήρα.

Ένας εξαεριστήρας που περιβάλλεται στην κορυφή του από κώνο (εικ. 4.27α), διευκολύνει την απαγωγή του αέρα. Γιατί; Παρόμοια ο εξαερισμός της σήραγγας που φτιάχνουν οι αρουραίοι, είναι καλύτερος, αν η είσοδός της περιβάλλεται από ένα κωνικό ανάχωμα (εικ. 4.27β). Γιατί;



Εικόνα 4.27β
Το βουναλάκι στην είσοδο της φωλιάς των αρουραίων.

Σχηματισμός στροβίλων

4.29

Ο κυματισμός της σημαίας

Γιατί ο άνεμος, ακόμα κι αν πνέει ομοιόμορφα, κάνει τις σημαίες να κυματίζουν; Τι καθορίζει τη συχνότητα του κυματισμού τους;

Πίεση

4.28

Λιωμένα έντομα στα τζάμια των αυτοκινήτων

Συνθλίβονται άραγε τα έντομα χτυπώντας κατευθείαν πάνω στα τζάμια των αυτοκινήτων που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, ή σκάνε στον αέρα μπρος από το αυτοκίνητο και μετά πιτσιλίζουν τα τζάμια του; Αν ισχύει το τελευταίο, τότε τι προκαλεί αυτή τη διάρρηξη του εντόμου; Μπορεί να μπείτε στον πειρασμό και να κατηγορήσετε την κακή μοίρα του εντόμου, γιατί το οδήγησε στη δίνη του αέρα που δημιουργεί το αυτοκίνητο. Είναι όμως ο άνεμος τόσο ισχυρός στην πραγματικότητα; Και γιατί το ρεύμα του αέρα δε μεταφέρει τα έντομα με ασφάλεια πάνω από το αυτοκίνητο;

(Η εικόνα 4.28 δείχνει έναν τρόπο, για να αποφεύγετε τα έντομα).



Εικόνα 4.28
(Με την άδεια του John Hart. Field Enterprises)

Νόμος του Bernoulli

Μεταφορά ορμής

4.30

Φτερά και ανεμιστήρες σε αγωνιστικά αυτοκίνητα

Τα αγωνιστικά αυτοκίνητα βελτιώθηκαν σε μεγάλο βαθμό με το πέρασμα του χρόνου. Ορισμένες βελτιώσεις θεωρήθηκαν αναπόφευκτες, άλλες πάλι διακρίνονται από εξυπνάδα και πρωτοτυπία. Μια χαρακτηριστική εξέλιξη αποτέλεσε η προσθήκη ενός οριζόντιου φτερού πάνω από το πίσω μέρος του αυτοκινήτου. Όταν ένα αυτοκίνητο, με τον παραπάνω εξοπλισμό, έμπαινε σε στροφή, ο οδηγός έγερνε το φτερό προς τα μπρος. Βγαίνοντας από τη στροφή επανέφερε το φτερό στην αρχική του θέση.

Το φτερό, που είχε τη δυνατότητα να αλλάζει κλίση αποδείχτηκε πολύ χρήσιμο στις στροφές, όπου συγκρατούσε το αυτοκίνητο πάνω στο δρόμο και κατ' επέκταση του έδινε δυνατότητα να αναπτύσσει μεγαλύτερη ταχύτητα σ' αυτές. Αν δεν υπήρχε κίνδυνος να σπάσει το φτερό και να χάσει έτσι ο οδηγός τον έλεγχο του αυτοκινήτου πάνω στην πίστα, τα κινητά φτερά θα ήταν και σήμερα σε χρήση. Για λόγους πάντως ασφάλειας αναγκάστηκαν, οι κατασκευαστές να σταθεροποιήσουν το φτερό σε ορισμένη θέση. Και στις δύο περιπτώσεις (του κινητού ή του σταθερού φτερού) πώς κατορθώνει το φτερό και βοηθά στη συγκράτηση του αυτοκινήτου πάνω στο δρόμο;

Ένα από τα πιο περίεργα μοντέλα αγωνιστικού αυτοκινήτου υπήρξε το Chaparral 2J, που κατασκευάστηκε από τον Jim Hall και που πιλοτάρησε ο ίδιος το κινητό φτερό, που διέθετε. Το Chaparral 2J είχε στο πίσω μέρος του 2 μεγάλους ανεμιστήρες που σχεδιάστηκαν για να τραβούν τον αέρα κάτω από το αυτοκίνητο. Κατά μήκος του αυτοκινήτου και προς τα κάτω κατασκευάστηκαν μεταλλικές ποδιές ώστε να οδηγείται ο αέρας κάτω από το αυτοκίνητο κα να μη διαφεύγει από τα πλάγια. Μ' αυτές τις αλλαγές, ο Hall αύξησε πολύ την ταχύτητα του αυτοκινήτου του, ενισχύοντας την πρόσφυση. Αλλά πώς; Γιατί αυξάνει την πρόσφυση ο αέρας, που οδηγείται κάτω από το αυτοκίνητο και εξέρχεται από το πίσω μέρος του; Μπορείτε να υπολογίσετε την αύξηση της πρόσφυσης και της ταχύτητας;

Νόμος του Bernoulli

Μεταφορά ορμής

4.31

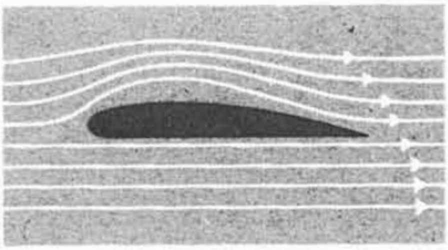
Το αεροπλάνο σηκώνεται

Πώς κερδίζει ύψος ένα αεροπλάνο; Αυτή είναι μια κλασική ερώτηση της Φυσικής. Η εξίσου κλασική απάντηση επικαλείται το νόμο Bernoulli. Αρκεί όμως μόνο αυτός; Ή τουλάχιστον αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα; Αν τα φτερά έχουν πάρει τέτοιο σχήμα (όπως στην εικ. 4.31), ώστε να δίνουν το αποτέλεσμα του φαινομένου Bernoulli, τότε πώς μπορούν τα αεροπλάνα και πετούν ανάποδα; Το κρίσιμο σημείο στο κλασικό επιχείρημα βρίσκεται στο ότι ο αέρας κινείται ταχύτερα στην περιοχή που βρίσκεται πάνω από το φτερό σε σύγκριση με την αποκάτω. Αυτό σημαίνει, όπως προκύπτει από το νόμο του Bernoulli, ότι η πίεση είναι μεγαλύτε-



ρη κάτω από το φτερό απ' ό,τι πάνω απ' αυτό. Παρατηρείται με άλλα λόγια ανύψωση του αεροπλάνου.

Γιατί όμως κινείται γρηγορότερα ο αέρας στο επάνω μέρος του φτερού; Βέβαιο είναι ότι οι δύο φλέβες της ροής του αέρα, αυτή που κινείται κάτω και αυτή που κινείται πάνω από το φτερό, πρέπει να το διατρέξουν στο ίδιο χρονικό διάστημα. Ο αέρας λοιπόν, που κινήτε από το πάνω μέρος διανύει μεγαλύτερη απόσταση, άρα κινείται ταχύτερα. Στο σημείο αυτό, όμως, σταματά η κλασική εξήγηση. Γιατί άραγε πρέπει η από πάνω φλέβα του αέρα να διατρέχει το φτερό στον ίδιο χρόνο με την από κάτω; Η καθιερωμένη εξήγηση δεν απαντά την ερώτηση αυτή. Στην πραγματικότητα οι δύο αυτές φλέβες αέρα έχουν άνισους χρόνους διαδρομής. Τότε όμως γιατί ανυψώνεται το φτερό;



Εικόνα 4.31
Τομή μιας πτέρυγας αεροπλάνου.

4.32
Οι βουτιές του αεροπλάνου

Ας υποθέσουμε ότι χάνει ταχύτητα ένα αεροπλάνο και ότι κάνει βουτιά με το μπροστινό του μέρος. Ο πιλότος στην περίπτωση αυτή πρέπει να περιμένει, μέχρις ότου αυξηθεί η ταχύτητα του αεροπλάνου και αφού υπερβεί τη συνήθη ταχύτητα πτήσης, να προσπαθήσει τότε να ξανακερδίσει το ύψος που έχασε. Γιατί πρέπει να ενεργήσει έτσι;

4.33
Πλοήγηση με τον άνεμο

Δεν είναι δύσκολο να κατανοήσει κανείς πώς ταξιδεύει ένα ιστιοφόρο με τη δύναμη του ανέμου, είτε προς την κατεύθυνση που φυσάει ο άνεμος, είτε υπό γωνία σε σχέση μ' αυτόν, αρκεί βέβαια να μην είναι πολύ μεγάλη η γωνία. Τα ιστιοφόρα όμως μπορούν να ταξιδεύουν όχι μόνο υπό γωνία 90^{o} σε σχέση με τη διεύθυνση που πνέει ο άνεμος, αλλά και υπό γωνία 45^{o} ή και περισσότερο αντίθετα σ' αυτόν. Στην περίπτωση αυτή, είναι ολοφάνερο ότι ο άνεμος αντιτίθεται στην κίνηση της βάρκας. Ποιος όμως ωθεί το σκάφος, όταν πλέει κόντρα στον άνεμο; Αν δε λάβουμε υπόψη τη ροή του νερού, ποια γωνία θα δώσει τη μέγιστη ταχύτητα στη βάρκα;

4.34
Το Frisbee*

Τι κρατάει το Frisbee στον αέρα; Είναι απαραίτητο να περιστρέφεται γύρω από το κέντρο του; Προφανώς δεν είναι απαραίτητο να έχει σχήμα δίσκου, διότι το Frisbee λειτουργεί εξ ίσου αποτελεσματικά και με σχήμα δαχτυλιδιού.

* Σ.τ.Μ: Είναι ένας πλαστικός δίσκος, τον οποίο πετάμε στον αέρα παίζοντας, κυρίως στην ακροθαλασσιά.

4.35
Το πέταγμα του Ίκαρου

Είναι δυνατό να πετάξει ένας άνθρωπος, χρησιμοποιώντας τη δική του μυϊκή δύναμη; (εικ. 4.35). Η ερώτηση είναι πολύ παλιά, επίκαιρη όμως πάντα. Σήμερα διαφαίνεται ότι, αν γίνουν σοβαρές προσπάθειες, θα οδηγήσουν τελικά σ' ένα εύχρηστο μοντέλο. Μερικά από τα προβλήματα στο σχεδιασμό ενός τέτοιου αεροσκάφους είναι:

— Πόση ενέργεια μπορεί να παράγει ο άνθρωπος και πόση χρειάζεται για να πετάξει;

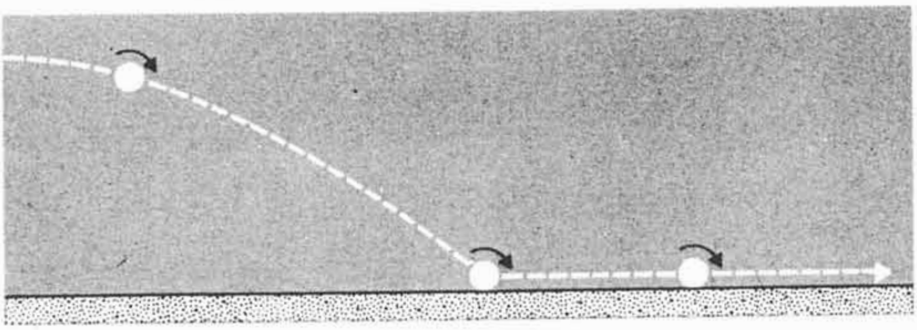
— Τι μεγέθους πρέπει να είναι τα φτερά;

— Πρέπει να έχουν δυνατότητα να φτερουγίζουν;

— Μπορεί να γίνεται η πτήση κοντά στο έδαφος;



Εικόνα 4.35
Η πτήση του Ίκαρου.



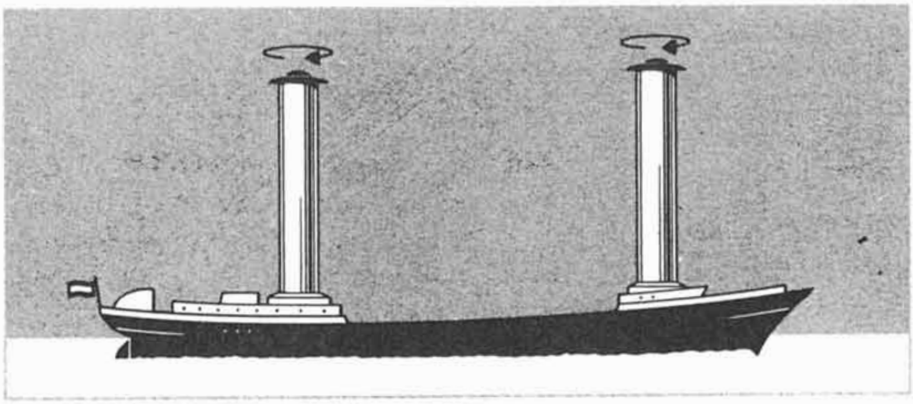
Εικόνα 4.36
Η περιστροφή αναγκάζει τη μπάλα του γκολφ να κυλίσει μακρύτερα.

4.36
Χτύπημα στη μπάλα του golf

Για να κερδίσουν απόσταση, μερικοί παίχτες του golf, χτυπούν το μπαλάκι στο επάνω μέρος του, ώστε να κινηθεί περιστροφικά. Με τον τρόπο αυτό, όταν χτυπήσει αυτό στο έδαφος, θα κυλήσει μακρύτερα (εικ. 4.36). Αν λάβετε υπόψη τη συνολική τροχιά της μπάλας, θεωρείτε πράγματι σωστή την παραπάνω ενέργεια;

4.37
Το περίεργο πλοίο του Flettner

Το έτος 1925, διέσχισε τον Ατλαντικό το πιο παράξενο πλοίο, προωθούμενο από 2 μεγάλους κάθετους κυλίνδρους, που περιστρέφονταν (εικ. 4.37). Πώς προωθούσαν οι περιστρεφόμενοι κύλινδροι το πλοίο; Σε μια πιο σύγχρονη εφαρμογή η NASA χρησιμοποίησε την ίδια αρχή, προσθέτοντας ένα οριζόντιο περιστρεφόμενο κύλινδρο στο φτερό ενός αεροπλάνου. Πώς μπορεί ένας τέτοιος κύλινδρος να βοηθά στην ανύψωση του αεροπλάνου;



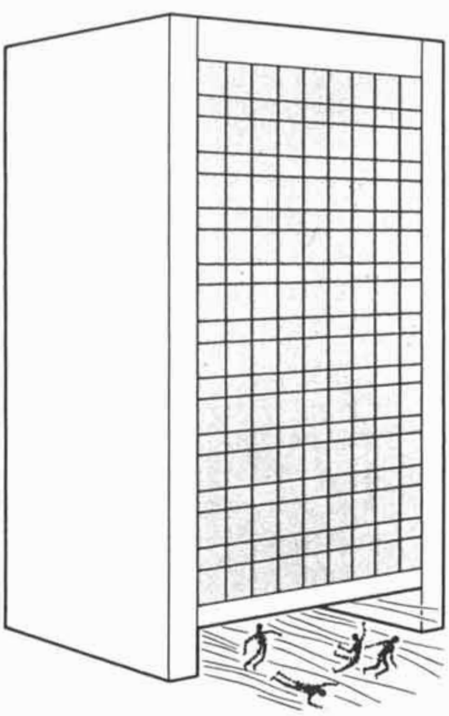
Εικόνα 4.37
Το πλοίο του Flettner.

4.38
Άνεμοι στις πυλωτές

Σε ορισμένο τύπο κτιρίων μοντέρνας αρχιτεκτονικής οι όροφοι κρέμονται σαν γέφυρες μεταξύ 2 συμπαγών τοίχων και το ισόγειο της οικοδομής μένει ανοιχτό· (εικ. 4.38). Ο σχεδιασμός αυτός είναι ελκυστικός, καθόλου όμως πρακτικός για περιοχές που φυσούν δυνατοί άνεμοι. Για παράδειγμα, όταν φυσούν οι ανοιξιάτικοι άνεμοι στο M. I. T. όπου υπάρχει ένα τέτοιο κτίριο μετρήθηκαν στο ισόγειό του, ταχύτητες ανέμου μέχρι 160 χιλιόμετρα την ώρα. Οι ταχύτητες αυτές ήταν προφανώς πολύ μεγαλύτερες απ' ό,τι στον ελεύθερο χώρο (οι φοιτητές, οι βοηθοί, και οι επιμελητές παραθύρηκαν από τον άνεμο· οι καθηγητές μόνο μπόρεσαν να κρατηθούν!)*

Τι προκαλεί αυτή την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου;

Σ.τ.Μ: Massachussetts Institute of Technology



Εικόνα 4.38

Κυματική
(4.39 έως 4.57)

Ταχύτητα κύματος (φασική & ομαδική)

Συμβολή - Περίθλαση

Διάθλαση

Ανάκλαση - Διάχυση

Φαινόμενο Bernoulli

Ροή γύρω από εμπόδιο

Εξαναγκασμένη ταλάντωση

4.39
Ο σχηματισμός των κυμάτων

Με ποιο τρόπο το τυχαίο φύσημα του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας, δημιουργεί τα περιοδικά θαλάσσια κύματα; Το γλίστρημα του αέρα πάνω στην επιφάνεια της θάλασσας παίζει σημαντικότερο ρόλο στο σχηματισμό των κυμάτων απ' ό,τι οι κατακόρυφες διαταραχές; Υπάρχει κάποιο ελάχιστο όριο ταχύτητας του αέρα, απαραίτητο για τη δημιουργία των κυμάτων; Μήπως τα κύματα δημιουργούν ανάδραση (feed back) στη ροή του ανέμου (δηλαδή επιδρούν με τη σειρά τους πάνω στον άνεμο), ώστε να γίνονται όλο και μεγαλύτερα;

Συμβολή κυμάτων

4.40
Τα τερατόμορφα κύματα του Ωκεανού

Υπάρχουν πολλές ιστορίες για ναυτικούς που, ενώ ταξίδευαν, είδαν να σχηματίζονται ξαφνικά μπροστά τους απίστευτα τεράστια κύματα. Το 1956 για παράδειγμα παρατηρήθηκε ένα κύμα ύψους 30 μέτρων από τον κυβερνήτη εμπορικού σκάφους στο Cape Hatteras.

Υπάρχουν επίσης μαρτυρίες του 1921 για κύματα ύψους 25 μέτρων στο Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό. Το 1933, ένα κύμα, που το ύψος του εκτιμήθηκε σε 37 μέτρα, έγινε ορατό από το U.S.S. Ramapo στο Βόρειο Ειρηνικό. Φανταστείτε να στέκεστε στη γέφυρα ενός πλοίου αντιμέτωποι μ' ένα κύμα ύψους 37 μέτρων!!. Γιατί άραγε εμφανίζονται έτσι ξαφνικά τέτοιου μεγέθους κύματα και εξαφανίζονται στη συνέχεια; Αν είχαν προκληθεί κατά κάποιο τρόπο από καταιγίδες, δε θα έπρεπε να είναι περισσότερα από ένα; Μπορεί να έχουν προκληθεί από ξαφνικό υποθαλάσσιο σεισμό; (Κύματα που προκαλούνται από σεισμούς, είναι δυνατό να γίνουν ορατά από πλοίο, που βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας;)

Ταχύτητα κυμάτων

Διάχυση του φωτός

4.41
Ο αφρός του κύματος

Ποιο ακριβώς αίτιο προκαλεί το άφρισμα των κυμάτων στους ωκεανούς; Και γιατί έχει λευκό χρώμα ο αφρός; Με μέτριο άνεμο εμφανίζονται συνήθως διαδοχικές ταινίες αφρού, η καθεμιά από τις οποίες σχηματίζεται στην κοιλιά του προπορευόμενου κύματος, λίγα δευτερόλεπτα μετά τη δημιουργία του. Γιατί ακολουθείται αυτή η διαδικασία;

Αυλακώσεις

Φαινόμενο Bernoulli

4.42
Βάρκες και ιπτάμενα δελφίνια

Ποιο είναι πρακτικά καθοριστικό στοιχείο του όριου ταχύτητας μιας βάρκας, μιας πάπιας και άλλων αμφίβιων ζώων που είναι μεγαλύτερα από έντομα; Αν η τριβή στο νερό περιορίζει την ταχύτητα, τότε γιατί η μεγαλύτερη βάρκα έχει συνήθως και μεγαλύτερο όριο ταχύτητας; Δε θα έπρεπε στη μεγαλύτερη βάρκα να αναπτύσσεται μεγαλύτερη



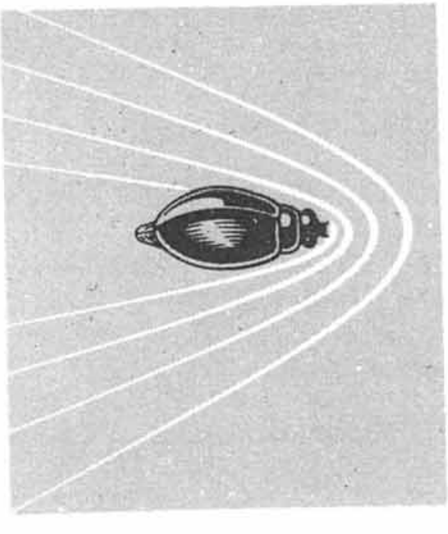
(Από το «Ελλάδα Ελλαδάρα μας!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

τριβή και κατ' επέκταση να έχει αυτή χαμηλότερη οριακή ταχύτητα; Γιατί ένα «ιπτάμενο δελφίνι» μπορεί και πλέει πολύ γρηγορότερα από ένα συνηθισμένο σκάφος ίδιου μήκους; Το ιπτάμενο δελφίνι, όπως θα ξέρετε, έχει το μπροστινό του μέρος τελείως ελεύθερο, έξω από το νερό. Πώς επιτυγχάνεται η ανύψωσή του η οποία και επιτρέπει την ανάπτυξη τόσο μεγάλων ταχυτήτων;

Κύματα βαρύτητας και κύματα επιφανειακής τάσης

4.43

Αυλάκια από το σκαθάρι που κολυμπάει

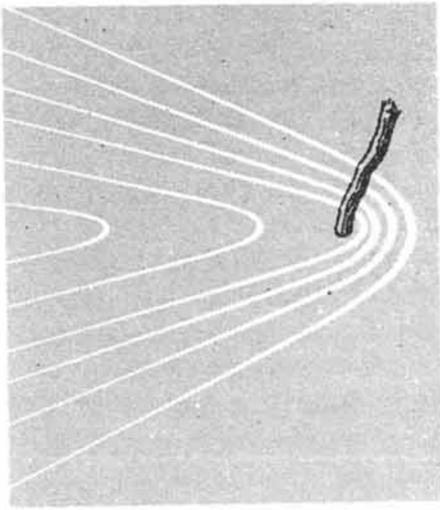


Εικόνα 4.43α
Τα αυλάκια του σκαθαριού.

Ένα σκαθάρι γλιστρά στην επιφάνεια του νερού με ταχύτητα. Μπροστά του σηκώνει μεγάλα κύματα, πίσω του τα κύματα δεν είναι ορατά ή μάλλον είναι ανύπαρκτα (εικ. 4.43α). Μπορείτε να εξηγήσετε το φαινόμενο; Όταν το σκαθάρι γλιστρά αργά, δε σχηματίζονται κύματα ούτε μπροστά ούτε πίσω του. Γιατί;

Το φαινόμενο που περιγράψαμε, δεν παρατηρείται στα πλοία, που σηκώνουν πάντοτε κύματα πίσω τους. Ποια είναι η ριζική διαφορά στην κίνηση του σκαθαριού και του πλοίου;

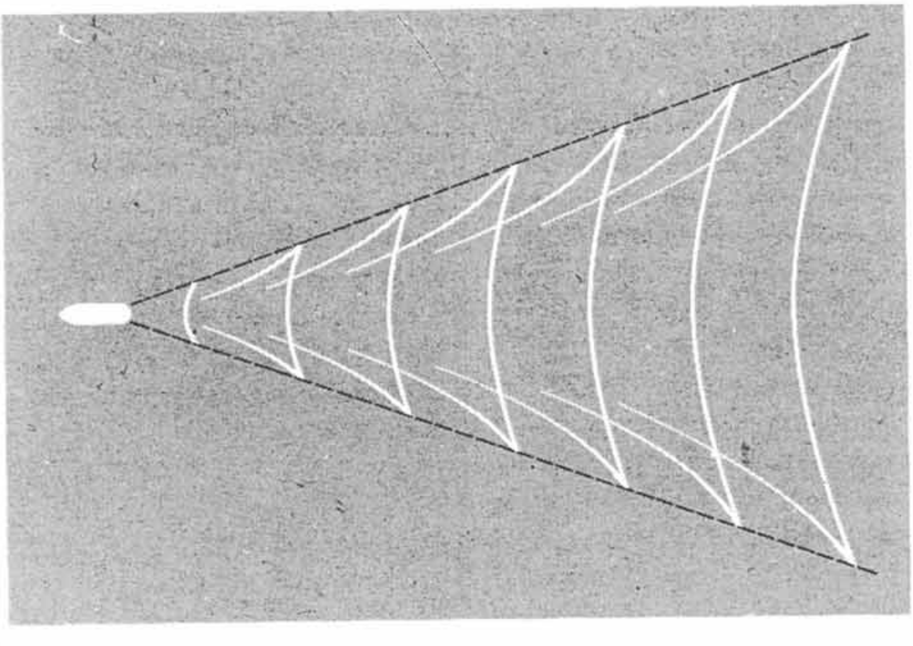
Ανάλογη ασυμμετρία παρατηρείται στη μορφή των κυμάτων, που σχηματίζονται γύρω από ένα στενό εμπόδιο μέσα στο ρεύμα του νερού: τα κύματα που βρίσκονται μπροστά του, έχουν πολύ μικρότερο μήκος κύματος από εκείνα που είναι πίσω του (εικ. 4.43β). Τι προκαλεί την ασυμμετρία αυτή και τι καθορίζει τα μήκη κύματος στις δυο αυτές περιπτώσεις;



Εικόνα 4.43β
Το ρεύμα του νερού δημιουργεί κύματα γύρω από το ξύλο.

Συμβολή

Διασπορά



Εικόνα 4.44
Τα κύματα που αφήνει πίσω του ένα πλοίο (Από τον H.D. Keith, Am. J. Phys., 25,466, 1957)

4.44

Τα αυλάκια του πλοίου

Αν ποτέ σας δοθεί η ευκαιρία να πετάξετε πάνω από πλοία που πλέουν σε ανοιχτή θάλασσα, θα παρατηρήσετε τα αυλάκια που αφήνουν πίσω τους. Προσέξτε ακόμα την περιοχή στην οποία έχει προκαλέσει διαταραχή το

πλοίο. Έχει πάντα σχήμα V με γωνία πάντα ίδια (38° 56΄). Ένας συγγραφέας έχει γράψει ήδη ότι το σχήμα V υπάρχει πάντα, «είτε το κινούμενο αντικείμενο είναι μια πάπια, είτε ένα πολεμικό σκάφος». Γιατί συμβαίνει αυτό;

Στο εσωτερικό της περιοχής, που προαναφέρθηκε, η μορφή της διαταραχής είναι πιο σύνθετη (εικ. 4.44). Μπορείτε να εξηγήσετε την προέλευση των δύο αυτών διαφορετικών μορφών κυματικής διαταραχής; Είναι όμοιες για την πάπια και το πολεμικό πλοίο;

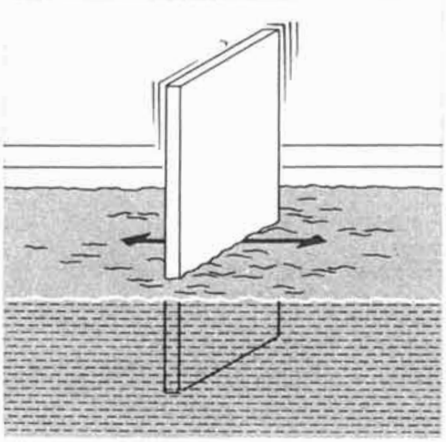
Πώς αλλάζει η μορφή των κυμάτων στα ρηχά νερά; Πρωτίστως όμως, τι σημαίνει ρηχά νερά; Ρηχά δηλαδή σε σχέση με τι;

Μη γραμμικά κύματα

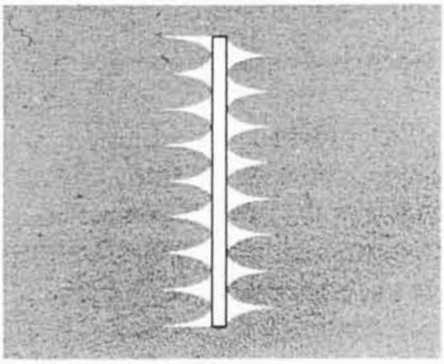
Συμβολή

4.45
Κύματα ακμής

Όταν μελετούσε ο Faraday τα κύματα του νερού, ανακάλυψε ένα κύμα με πολύ περίεργο σχήμα. Αυτό παράγεται, όταν ταλαντώνεται οριζόντια μια απλή πλάκα, βουτηγμένη κατά ένα μέρος της στο νερό μιας πισίνας. Αν δε λάβουμε υπόψη τις ανακλάσεις των κυμάτων στις πλευρές της πισίνας, θα υποθέσουμε ότι θα σχηματισθούν τα γνωστά μόνο επίπεδα κύματα. Κι όμως, όταν βυθίστηκε η ταλαντευόμενη πλάκα μισό εκατοστόμετρο περίπου στο νερό, ο Faraday είδε τα εξής: «Σχηματίστηκαν αμέσως κύματα ιδιόμορφου χαρακτήρα. Αυτά που κατευθύνονταν από την πλάκα προς την πλευρά της πισίνας, ήταν σχεδόν αόρατα. Δημιουργήθηκαν ακόμη εμφανή και μόνιμα εξογκώματα νερού, που άρχιζαν από την πλάκα και εκτείνονταν σε μήκος 8 έως 12 χιλιοστόμετρων μπροστά της, όπως τα δόντια μιας χοντροφτιαγμένης χτένας» (εικ. 4.45β). Ο Faraday παρατήρησε επίσης ότι η συχνότητα των ιδιόμορφων κυματισμών του νερού ήταν μισή σε σύγκριση με τη συχνότητα που είχε η ταλαντούμενη πλάκα. Πώς όμως ερμηνεύετε το παραπάνω φαινόμενο;



Εικόνα 4.45α
Η ταλάντωση της πλάκας.



Εικόνα 4.45β
Κύματα ακμής που παράγει η πλάκα.

Διάθλαση

4.46
Τα κύματα φτάνουν στην παραλία

Το κύμα του Ωκεανού, όταν πλησιάζει την παραλία, ακολουθεί το σχήμα της, κινείται δηλαδή σχεδόν παράλληλα μ' αυτήν. Γιατί; Τα κύματα, πάντως, είναι γνωστό ότι έρχονται από διάφορες κατευθύνσεις.

Κύματα σε ρηχά νερά

Φαινόμενο Bernoulli



Εικόνα 4.47

4.47
Surfing σε ρηχά νερά

Υπάρχει δυνατότητα να κάνετε surfing ακόμη και σε βάθος 4-5

εκατοστών, αν ανεβείτε πάνω σ' ένα ξύλινο δίσκο, που γλιστρά στα κυματάκια της ακρογιαλιάς. (εικ. 4.47). Εάν πηδήξετε πάνω στο δίσκο, όταν θα έχει αποκτήσει ικανοποιητική ταχύτητα, μπορείτε να διατρέξετε μέχρι και 6 μέτρων απόσταση. Τι σας στηρίζει σ' όλη αυτή τη διαδρομή, το οποίο εξαφανίζεται, όταν ο δίσκος μειώνει την ταχύτητά του; Γιατί οι μακρύτερες «σανίδες» σας εξασφαλίζουν μεγαλύτερη διαδρομή; Δε θα έπρεπε η τριβή να είναι μεγαλύτερη, οπότε και η διαδρομή πιο μικρή;

Κύματα σε ρηχά νερά

Ταχύτητα κύματος

4.48
Το Surfing

Τι σας ωθεί προς την ακρογιαλιά, όταν κάνετε surfing; Σας σπρώχνει το ίδιο το κύμα ή το γεγονός ότι κυλάτε συνέχεια από την κορυφή του κύματος; Τα πιο κατάλληλα κύματα για το surfing είναι αυτά που «σπάνε». Γιατί; Και γιατί το surfing γίνεται τις περισσότερες φορές σε παραλίες που ο βυθός τους έχει μικρή κλίση; Γιατί η θέση του αθλητή είναι σταθερότερη, όταν βρίσκεται πάνω στο μέτωπο του κύματος; Μια μακρύτερη «σανίδα» είναι ευσταθέστερη από μια κοντότερη ή όχι;

Άνωση

Αυλακώσεις

4.49
Τα δελφίνια και η πλώρη των πλοίων

Συχνά βλέπουμε τα δελφίνια να συνοδεύουν τα πλοία σε απόσταση 1 έως 2 μέτρων από την πλώρη τους. Αξιοπρόσεχτο είναι ότι δεν κινούνται και γενικά δεν καταβάλλουν κάποια προσπάθεια να κολυμπήσουν. Προωθούνται λοιπόν από το ίδιο το πλοίο. Πρέπει να έχουν αναπτυγμένη πολύ υψηλή τεχνική, εφόσον μπορούν να συνοδεύουν κάποιο πλοίο για μια ολόκληρη ώρα, χωρίς να προσπαθούν καθόλου. Διατηρούν μάλιστα την ίδια στάση ή πλαγιάζουν ή ακόμη και γυρνάνε με την κοιλιά προς τα πάνω. Πολλές φορές έχουν παρατηρηθεί δύο ή τρεις ομάδες δελφινιών να ταξιδεύουν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όλα μαζί. Τι είναι λοιπόν, αυτό που ωθεί τα δελφίνια προς τα μπρος;

Παρόμοια περίπτωση είναι αυτή που αναφέρει ο Ζακ Κουστώ σ' ένα από τα βιβλία του. Οι καρχαρίες συνοδεύονται συχνά από μικρά «ψάρια - πιλότους» τα οποία, σύμφωνα με την αφήγηση, οδηγούν τους καρχαρίες. Ο ίδιος ο Κουστώ είδε ένα τέτοιο μικρό «ψάρι - πιλότο» ακριβώς μπροστά από το κεφάλι του καρχαρία. Με κάποιο αόρατο τρόπο ο ίδιος ο καρχαρίας προωθούσε το ψαράκι. Ανασφαλής θέση, θα πείτε! Στου χάρου τα δόντια! Με ποιο τρόπο όμως ωθούσε ο καρχαρίας τον πιλότο του; Και γιατί η θέση του ήταν τόσο σταθερή;

Βαρύτητα

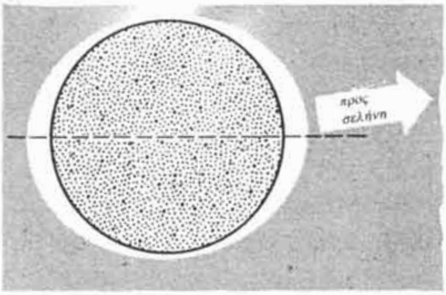
Μη αδρανειακές δυνάμεις

Στατική και αρμονική θεωρία των παλιρροιών

4.50
Οι παλίρροιες των Ωκεανών

«Είναι σαν μια παλίρροια
που με σέρνει και με αναδιπλώνει,
είναι σαν μια παλίρροια
όταν εκείνη είναι στο πλευρό μου.»*

Pablo Neruda



Εικόνα 4.50
Δύο παλίρροιες της Γης (η κλίμακα δεν είναι πραγματική)

Τι προκαλεί τις παλίρροιες των Ωκεανών; Σας ικανοποιεί η άποψη ότι τα παλιρροιακά κύματα προκαλούνται από τις βαρυτικές έλξεις της Σελήνης και του Ήλιου; Εγώ πάντως θα υποβάλω μερικές ερωτήσεις: Μήπως οι θάλασσες είναι εξογκωμένες επειδή έλκει η Σελήνη το νερό τους κατακόρυφα προς το μέρος της; Αν συμβαίνει αυτό, δε σας φαίνεται παράξενο, αφού η έλξη της Γης σ' αυτό πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερη από την έλξη της Σελήνης; Αν οι θάλασσες του πλανήτη

μας έλκονται πράγματι από τη Σελήνη, με αποτέλεσμα να προκαλούν πλημμυρίδες, τότε γιατί συμβαίνουν δύο πλημμυρίδες την ημέρα; Μην ξεχνάτε ότι η Γη κάνει μια περιστροφή την ημέρα και ότι κάθε σημείο της γήινης επιφάνειας βλέπει τη Σελήνη μόνο μια φορά την ημέρα, γεγονός που οδηγεί στη λογική σκέψη ότι έπρεπε να συμβαίνει μόνο μια πλημμυρίδα ημερησίως. Η δημιουργία δύο πλημμυρίδων την ημέρα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πρέπει να διαμορφώνει το νερό του πλανήτη μας δύο αντιδιαμετρικά εξογκώματα, το ένα από τα οποία δε βλέπει προς τη Σελήνη (εικ. 4.50).

Πώς εξηγείτε το σχηματισμό του δεύτερου και απομακρυσμένου εξογκώματος; Σε μερικές θάλασσες (π.χ. τη θάλασσα της Νότιας Κίνας, του Περσικού Κόλπου, του Κόλπου του Μεξικού και του κόλπου της Ταϋλάνδης) προκαλείται μόνο μια πλημμυρίδα κάθε μέρα. Γιατί όχι δύο;

Σε άλλες περιοχές πάλι όπως ο Ινδικός Ωκεανός, προκαλούνται εναλλακτικά ημερήσιες και ημιημερήσιες παλίρροιες. Γιατί; Τέλος, γιατί δεν παρατηρείται πλημμυρίδα σε μια θάλασσα, όταν η Σελήνη βρίσκεται ακριβώς πάνω της; Για κάποια αιτία υπάρχει πάντα κάποια μετατόπιση του εξογκώματος. Ποια είναι η αιτία αυτή;

*Σ.τ.Μ: «Ενθουσιασμένος τοξότης» από τη συλλογή «Ποιήματα» (Εκδ. Τολίδης).

4.51

Παλίρροια: Ήλιος εναντίον Σελήνης

Ποιος προκαλεί μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη στις παλίρροιες, η Σελήνη ή ο Ήλιος; Θα συγκρίνετε τις άμεσες ελκτικές δυνάμεις που ασκούνται από τη Σελήνη και από τον Ήλιο σε μια ποσότητα νερού του πλανήτη μας; Αν κάνετε κάτι τέτοιο, θα διαπιστώσετε ότι ο ήλιος είναι το σώμα που ασκεί τη μεγαλύτερη δύναμη. Γιατί υπάρχουν μεγάλες παλίρροιες (spring tides), που το ύψος του νερού είναι μεγαλύτερο από το μέσο όρο τών παλιρροιών που σχηματίζονται κατά τις περιόδους του νέου φεγγαριού και της πανσελήνου; Γιατί ακόμη υπάρχουν μικρές παλίρροιες (neap tides), που το ύψος του νερού είναι χαμηλότερο σε σύγκριση μ' αυτές που σχηματίζονται κατά το πρώτο και τρίτο τέταρτο του φεγγαριού;

Στροφορμή

Αρχή διατήρησης της στροφορμής

4.52

Τα επακόλουθα της παλιρροιακής τριβής

Όταν ρέει ένα παλιρροιακό κύμα στο βυθό του Ωκεανού, χάνεται ενέργεια, η οποία εξαιτίας της τριβής μετατρέπεται σε θερμότητα. Μια από τις συνέπειες της απώλειας αυτής είναι η επιβράδυνση της περιστροφής της γης και το μεγάλωμα της ημέρας. Μήπως αυτή η απώλεια ενέργειας έχει και άλλα επακόλουθα; Ένα μηχανικό σύστημα δεν είναι δυνατό να μεταβάλλει τη συνολική στροφορμή του, εκτός εάν εφαρμοστεί σ' αυτό εξωτερική ροπή. Αν και δεν υπάρχει τέτοια εξωτερική ροπή στο σύστημα Γη - Σελήνη, εντούτοις η στροφορμή της Γης κατά την περιστροφή της γύρω από τον εαυτό της ελαττώνεται. Με άλλα λόγια ισχύει η αρχή διατήρησης της στροφορμής; Το φαινόμενο αυτό θα διαρκέσει αιωνίως; Θα συνεχίσει να μεγαλώνει η μέρα στη Γη; Θα συμβεί κάποια αλλαγή στην κίνηση της Σελήνης; Μια πρόβλεψη επισημαίνει ότι κάποια ωραία πρωΐα θα επιστρέψει το φεγγάρι στα βάθη του ουρανού!

Συντονισμός

4.53

Seiches

Το νερό των λιμνών πηγαίνει συχνά μπρος - πίσω. Την ίδια παλινδρομική κίνηση εκτελεί το νερό και μέσα σε μια μικρή ορθογώνια σκάφη. Οι κάτοικοι της περιοχής γύρω από τη λίμνη της Γενεύης είχαν παρατηρήσει από πολύ παλιά αυτή την κίνηση (που την ονομάζουν seiche και η οποία μπορεί να φτάσει το ένα μέτρο πλάτος). Αγνοούσαν όμως τι είναι αυτό που καθορίζει την περιοδικότητά της και το κυριότερο, τι είναι αυτό που την προκαλεί.

Τι καθορίζει τη συχνότητα της κίνησης αυτής σε μια ορθογώνια πισίνα; Ποια περιοδικότητα υπολογίζετε για τη λίμνη της Γενεύης (με μέσο βάθος περίπου 150 μέτρα και μήκος περίπου 60 χιλιόμετρα); Τέλος, τι είναι εκείνο που προκαλεί αυτή την κίνηση σε μια λίμνη;

Μέτωπο κύματος

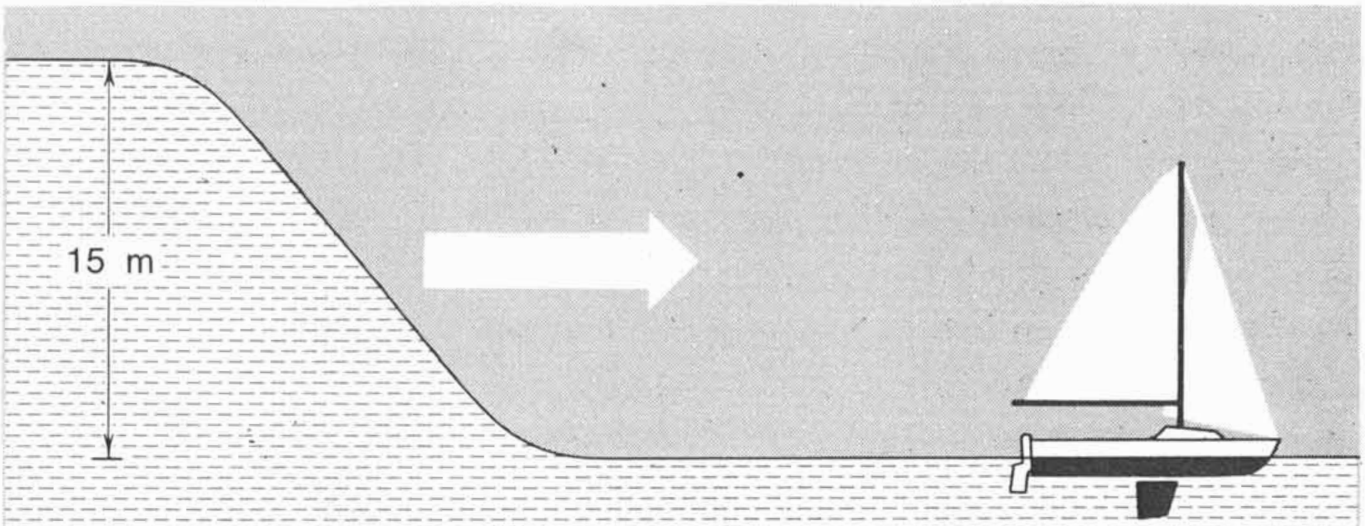
Υδάτινα κύματα

Ταχύτητα κυμάτων

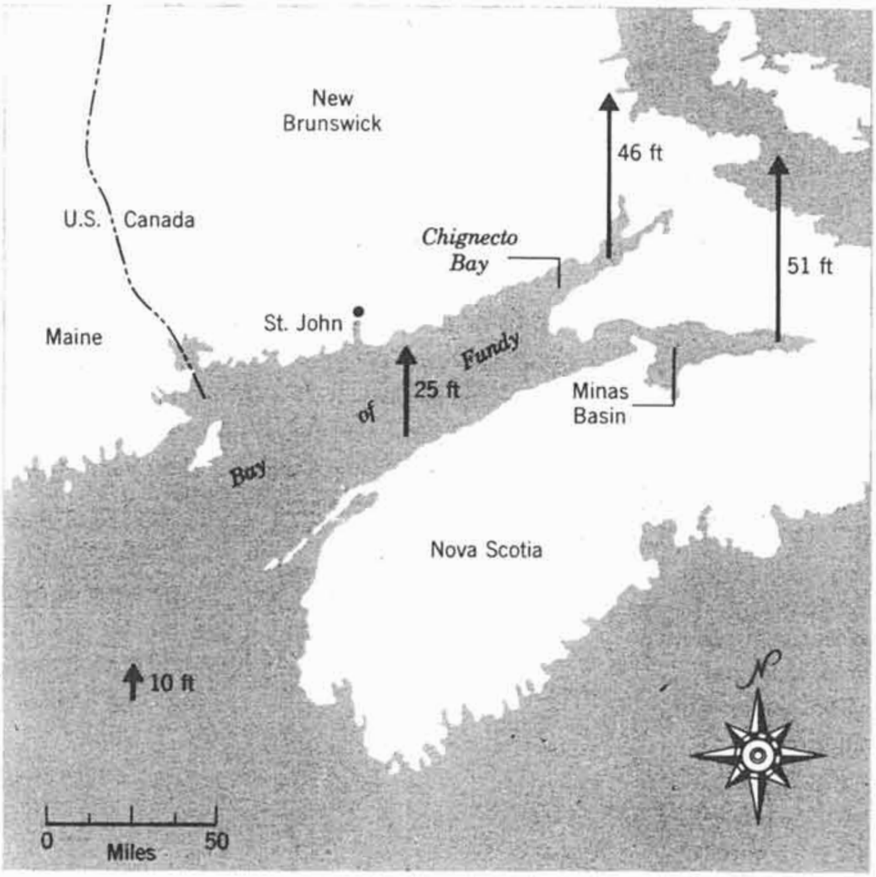
4.54

Παλιρροιακοί φράχτες

Στα περισσότερα ποτάμια, που χύνονται στην θάλασσα, το παλιρροιακό κύμα είναι ομαλό ίσως - ίσως και αθέατο. Σε μερικά άλλα, πάλι, η στάθμη του νερού ανυψώνεται τόσο γρήγορα, ώστε σχηματίζεται ένας σχεδόν κατακόρυφος τοίχος νερού που διογκώνει το ποτάμι με μεγάλη ορμή (εικ. 4.54). Τέτοια υδάτινα τείχη μπορεί να δει κανείς στα Αγγλικά ποτάμια Severn και Trent και στο Καναδικό Petitcodiac. Ο παλιρροιακός φράχτης στον Αμαζόνιο παρουσιάζει ένα μεγαλειώδες θέαμα: Το μήκος του μπορεί να φτάσει το 1,5 χιλιόμετρο, το ύψος του 8 μέτρα, ανεβαίνει τέλος το ποτάμι με 12 κόμβους. Το πιο εντυπωσιακό από τα παλιρροιακά κύματα είναι του Κινέζικου ποταμού Tsien - Tang - Kiang, το οποίο έχει ανυψωθεί μέχρι τα 15 μέτρα. Οι Κινέζοι, μάλιστα, εκμεταλλεύονται το παλιρροιακό κύμα· και πλέουν με τα πλοιάριά τους αντίθετα στο ρεύμα του ποταμού, αγνοώντας τους κινδύνους που ενεδρεύουν. Γιατί σχηματίζονται αυτά τα τείχη νερού και μάλιστα όχι σ' όλους τους ποταμούς που χύνονται στη θάλασσα; Η ταχύτητα, με την οποία μετατοπίζονται, εξαρτάται από το ύψος τους ή το βάθος του ποταμού;



Εικόνα 4.54
Το παλιρροιακό κύμα ανεβαίνει το ποτάμι.



Εικόνα 4.55
Η ανύψωση της στάθμης του νερού στο κόλπο του Fundy.

4.55
Παλίρροια στον κόλπο του Fundy

Γιατί ο κόλπος του Fundy στη Νέα Σκωτία παρουσιάζει τη μεγαλύτερη παγκοσμίως παλιρροιακή ανύψωση, τη μεγαλύτερη δηλαδή αλλαγή στο ύψος της στάθμης του νερού (εικ. 4.55); Σε μερικά σημεία του η ανύψωση είναι τόσο μεγάλη, ώστε οι ψαράδες εκμεταλλεύονται το γεγονός, απλώνουν μεγάλα δίχτυα, όταν υπάρχει άμπωτη και περιμένουν. Κατά τη διάρκεια της πλημμυρίδας τα ψάρια πέφτουν πάνω στα δίχτυα· έτσι με την επόμενη άμπωτη οι ψαράδες μαζεύουν τη λεία τους. Στο στόμιο του κόλπου η παλιρροιακή ανύψωση δεν είναι τόσο μεγάλη (περίπου 5 μέτρα κατά τη διάρκεια των εαρινών παλιρροιών). Πιο πάνω, στο St. John η ανύψωση φθάνει τα 12m και στο άκρο του κόλπου Chignecto τα 20m. Η μεγαλύτερη ανύψωση, (περίπου 25 μέτρα), έχει παρατηρηθεί στο βάθος του κόλπου, στο Minas Basin. (Ο άνεμος είναι δυνατό να αυξήσει τις παραπάνω τιμές μέχρι και 3 μέτρα). Μπορεί ένας κόλπος να έχει κάποιο ειδικό μήκος που να ευνοεί την αύξηση της παλιρροιακής ανύψωσης; Ποιο θα είναι αυτό το μήκος για ένα κόλπο που το βάθος του είναι όπως του Fundy (75 μέτρα); Ποια σχέση έχει το μήκος αυτό με το πραγματικό μήκος του Fundy;

Μέτωπο κύματος

Υδάτινα κύματα

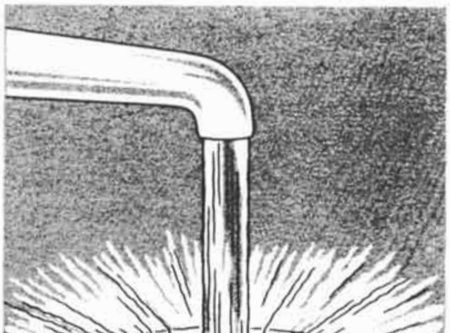
Ταχύτητα κυμάτων

4.56

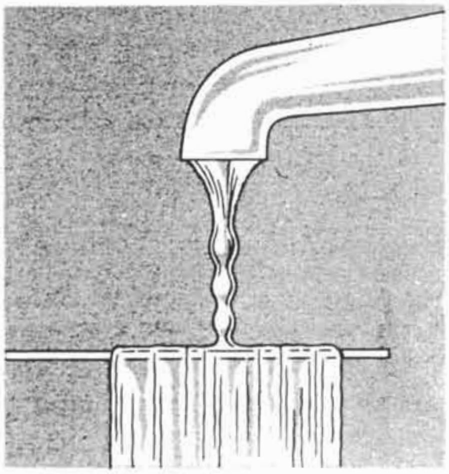
Υδραυλικό άλμα στο νεροχύτη

Όταν πέφτει στο νεροχύτη μια στήλη νερού, διασκορπίζεται το νερό κυκλικά, σχηματίζοντας λεπτό στρώμα μέχρι μια ορισμένη απόσταση από το σημείο που η στήλη χτυπά το νεροχύτη. Από εκεί και πέρα το στρώμα του νερού αυξάνει απότομα το πάχος του. Έτσι περιβάλλει τη στήλη ένα κυκλικό τείχος νερού (εικ. 4.56).

Παρόμοιο τείχος σχηματίζεται, αν πέφτει νερό σ' ένα ρηχό πιάτο, αν και το πάχος του δεν μεταβάλλεται στην περίπτωση αυτή, όπως προαναφέρθηκε. Ποια αιτία προκαλεί αυτά τα τείχη νερού; Τι καθορίζει την απόσταση που εμφανίζεται μια τέτοια αλλαγή πάχους; Πόσο ψηλό είναι το υδάτινο τείχος;



Εικόνα 4.56
Το υδραυλικό άλμα στο νεροχύτη.



Εικόνα 4.57
Τα στάσιμα κύματα στη στήλη του νερού.

4.57

Στάσιμα κύματα σε στήλη νερού

Αν παρεμβάλετε το δάχτυλό σας ή το πλατύ μέρος ενός μαχαιριού σε μια λεπτή στήλη νερού, θα σχηματιστεί σ' αυτήν στάσιμο κύμα (εικ. 4.57). Γιατί; Τι καθορίζει την περιοδικότητα αυτού του κύματος; Γιατί η περιοδικότητα αυτή εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ της επίπεδης επιφάνειας (του μαχαιριού) και της βρύσης;

4.58

Δαντέλα της ακροθαλασσιάς

«Την πατρίδα μου
βρέχει η Βόρεια Θάλασσα
στα κύματα των αμμόλοφων
σταματούν τα κύματα της θάλασσας...»*

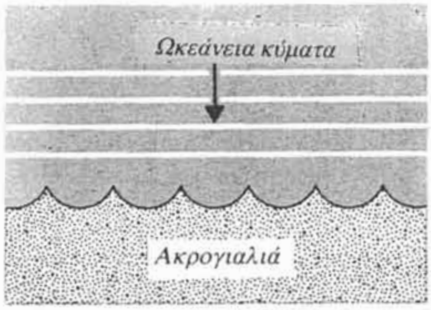
Jacques Brel

Γιατί δημιουργούνται μερικές φορές στις ακρογιαλιές σχηματισμοί άμμου, που μοιάζουν με δαντέλα (εικ. 4.58) και έχουν συχνά στη μια μεριά τους μικρά βοτσαλάκια; Τα κύματα του ωκεανού που χτυπούν σε μεγάλες αμμώδεις ακρογιαλιές, δε θα έπρεπε να είναι επίπεδα;

Σε μερικές περιπτώσεις δεν πρόκειται παρά για απομονωμένους και τυχαίους σχηματισμούς.

Υπάρχουν όμως πολλές μεγάλες παραλίες που σε όλο τους το μήκος οριοθετούνται από τέτοιες «αμμοδαντέλες». Ποια είναι η γενεσιουργός αιτία τους;

*Σ.τ.Μ: Μετάφραση από τα «Άπαντα του Jacques Brel Εκδ. Robert Laffont, Paris '82.



Εικόνα 4.58
Αμμοδαντέλες

Δυνάμεις σε περιστρεφόμενο σύστημα αναφοράς

Τριβή

4.59

Το σπείραμα του Ekman

Υποθέστε ότι πνέει σταθερός σε ένταση και διεύθυνση άνεμος πάνω από το νερό κάπου στη μέση του Ωκεανού. Προς ποια διεύθυνση θα μετακινηθεί συνολικά το νερό; Προς τη διεύθυνση του ανέμου; Λίγο αριστερότερα; Λοιπόν σας πληροφορώ ότι θα είναι 90^o δεξιά για το Βόρειο ημισφαίριο και 90^o αριστερά για το Νότιο. Γιατί όμως 90^o; Τα ρεύματα αέρα στην ακτή της Καλιφόρνια χρησιμεύουν ως παράδειγμα για το φαινόμενο που προαναφέραμε,

σε ρηχά νερά. Οι άνεμοι εκεί συνήθως φυσούν προς τα νότια και παράλληλα προς την ακτή, ενώ τα επιφανειακά στρώματα του νερού μετακινούνται προς τα δυτικά.

Στροβιλισμός

Μη αδρανειακές δυνάμεις

Τριβή

4.60

Τα ισχυρά ωκεάνια ρεύματα στα δυτικά

Δε σας φαίνεται παράξενο ότι και στα δύο ημισφαίρια, Νότιο και Βόρειο, υπάρχουν ισχυρότερα θαλάσσια ρεύματα κατά μήκος των δυτικών πλευρών των Ωκεανών; Στο Βόρειο Ατλαντικό υπάρχει το ρεύμα του κόλπου (Gulf Stream). Στο Νότιο Ατλαντικό, το ρεύμα της Βραζιλίας (Brazil Current). Στο Βόρειο Ειρηνικό, το Μαύρο ρεύμα (Kuroshio). Στον Ινδικό Ωκεανό, το ρεύμα Agulhas (Agulhas Current). (Τη μόνη εξαίρεση αποτελεί ο Νότιος Ειρηνικός, στον οποίο το ρεύμα της Αυστραλίας δεν είναι πολύ ισχυρό).

Αλλά γιατί αναπτύσσονται στα δυτικά τα ισχυρά θαλάσσια ρεύματα;

Δευτερογενής ροή

Φυγόκεντρος δύναμη

Τριβή

4.61

Τα κατακάθια του τσαγιού

Τα κατακάθια του τσαγιού, όταν ανακατεύουμε το τσάϊ μας, συγκεντρώνονται στο κέντρο του φλυτζανιού. Γιατί; Επειδή περιστρέφεται το τσάϊ, ίσως θελήσετε να ερμηνεύσετε το φαινόμενο ως αποτέλεσμα της φυγόκεντρης δύναμης. Λάβετε όμως υπόψη σας ότι το αποτέλεσμα της φυγόκεντρης δύναμης συνίσταται στη μετακίνηση προς τα έξω των περισσότερο πυκνών σωμάτων, όταν αυτά περιστρέφονται. Έτσι η ερμηνεία που στηρίζεται στη «φυγόκεντρη δύναμη» το μόνο που καταφέρνει, είναι να παρουσιάζει αλλόκοτη τη συμπεριφορά των μικρών φύλλων του τσαγιού, που βρίσκονται στα κατακάθια.

Δευτερογενής ροή

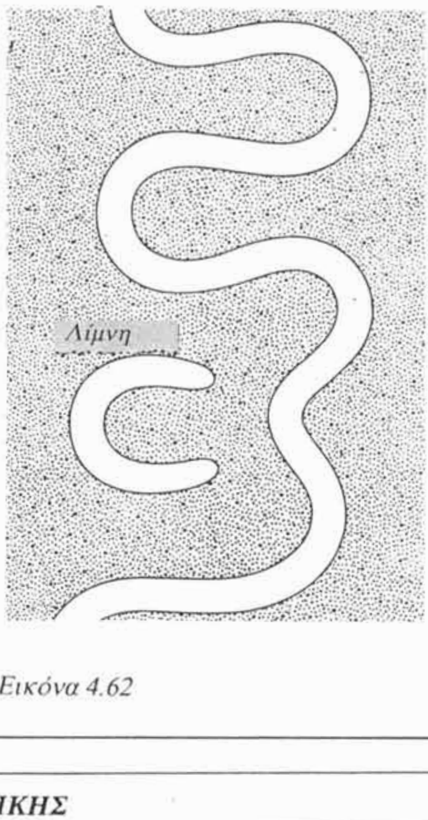
Φυγόκεντρος δύναμη

Τριβή

4.62

Ο μαίανδρος των ποταμών

Τα φυσικά ρυάκια και ποτάμια, ιδιαίτερα αυτά που έχουν μεγαλύτερη ηλικία, πολύ σπάνια είναι ευθύγραμμα για μεγάλη έκταση. Σχεδόν πάντα έχουν τη μορφή μαιάνδρου που πηγαίνει πέρα δώθε (εικ. 4.62). Σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα οι «στροφές» τους είναι τόσο απότομες, που είναι δυνατό να αποκοπεί ένα ημικυκλικό τμήμα τους και να σχηματίσει μια λίμνη όμοια με πέταλο. Οι εδαφικές ιδιορρυθμίες των περιοχών από τις οποίες διέρχονται τα ρυάκια και τα ποτάμια, τα υποχρεώνουν να κάνουν κάποιες παρακάμψεις· αλλά και πάλι δε θα έπρεπε τα ευθύγραμμα τμήματά τους να είναι πολύ περισσότερα; Ποιος λοιπόν, διαμορφώνει το φιδίσιο σχήμα τους;



Εικόνα 4.62

Ροή ρευστού γύρω από εμπόδιο

Βάθμωση πίεσης

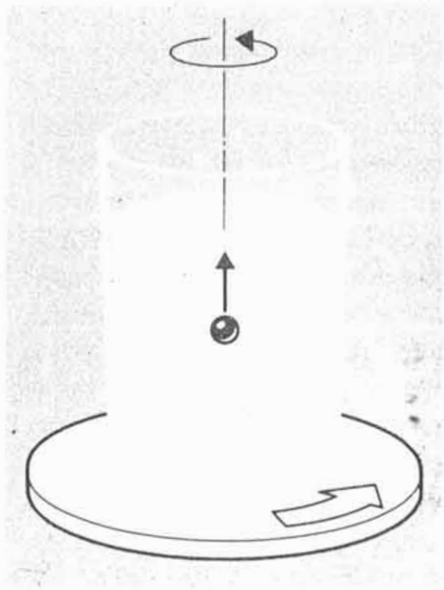
Δυνάμεις σε περισφερόμενο σύστημα αναφοράς

4.63

Μακροβούτια σε περιστρεφόμενο νερό

Ρυθμίστε την πυκνότητα μιας μικρής πλαστικής μπάλας, τοποθετημένης σ' ένα δοχείο με νερό, (εμβολιάζοντάς την με νερό) και υπολογίστε ώστε να χρειάζεται αυτή 2 περίπου δευτερόλεπτα για να ανέβει κατά 10 εκατοστά. Αν τοποθετηθεί το δοχείο με το νερό πάνω σ' ένα περιστρεφόμενο πλατώ γραμμοφώνου και η μπάλα κοντά στον άξονα περιστροφής του (εικ. 4.63), ο χρόνος αναδύσεως θα είναι πάλι 2 δευτερόλεπτα για την ίδια απόσταση; Αν η ταχύτητα περιστροφής του πλατώ είναι 33 1/3 στροφές το λεπτό, ο χρόνος που διανύει η μπάλα την προαναφερθείσα απόσταση

είναι περίπου 30 δευτερόλεπτα. Γιατί άραγε παρατηρείται τόσο μεγάλη διαφορά στο χρόνο ανόδου της μπάλας; Αλλά και γενικότερα, γιατί υπάρχει κάποια διαφορά;



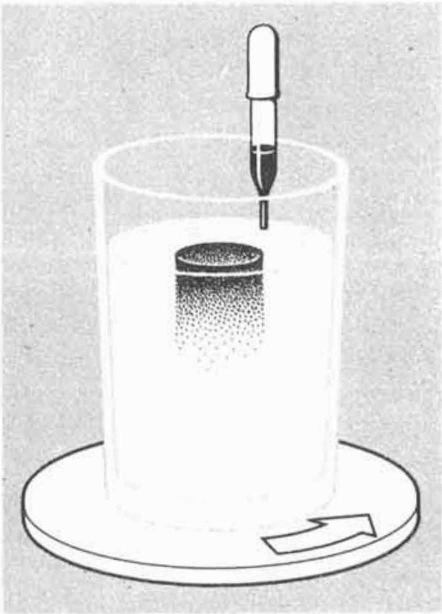
Εικόνα 4.63

Βάθμωση πίεσης

Φυγόκεντρος δύναμη

4.64
Οι τοίχοι από μελάνι του Taylor

Αν ρίξουμε μια σταγόνα χρωματισμένου νερού μέσα σ' ένα ποτήρι γεμάτο καθαρό νερό, η χρωματισμένη περιοχή του νερού δε θα έχει διαστάσεις μεγαλύτερες από μισό εκατοστό. Αν όμως το ποτήρι έχει τοποθετηθεί πάνω σ' ένα περιστρεφόμενο πλατώ γραμμοφώνου και η σταγόνα του χρωματισμένου νερού δεν πέσει πάνω στον άξονα περιστροφής του ποτηριού, η χρωματισμένη περιοχή θα πάρει τη μορφή ενός λεπτού κατακόρυφου σπειράματος γύρω από τον άξονα περιστροφής (εικ. 4.64). Τι συγκρατεί το χρωματισμένο νερό σ' αυτόν το σχηματισμό και το εμποδίζει να αναμειχθεί με το καθαρό νερό;



Εικόνα 4.64
Ο τοίχος από μελάνι του Taylor.

Στρόβιλοι

Δύναμη Coriolis

Στροφορμή

4.65
Το άδειασμα της μπανιέρας

Είναι αλήθεια ότι στο Βόρειο ημισφαίριο αδειάζουν οι μπανιέρες, σχηματίζοντας δίνη με φορά περιστροφής αντίθετη των δεικτών του ρολογιού; Αν η περιστροφή της δίνης που δημιουργείται κατά το άδειασμα της μπανιέρας, είναι πράγματι αντίθετης φοράς στα δύο ημισφαίρια, μήπως στον Ισημερινό δεν παρατηρείται καθόλου περιστροφή του νερού κατά το άδεισμα της μπανιέρας;

Στροβιλισμοί

4.66
Σίφουνες της στεριάς και της θάλασσας

Οι σίφουνες της ξηράς ή ανεμοστρόβιλοι (Tornadoes) και οι σίφουνες της θάλασσας (waterspouts) έχουν κάποια ειδική φορά περιστροφής, όπως συμβαίνει με τους κυκλώνες (Hurricanes); Τι τους κάνει ορατούς; Το νερό στους σίφουνες της θάλασσας κινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω;* Γιατί η άκρη της «προβοσκίδας» των σίφουνων ξηράς πηδά μερικές φορές από μια περιοχή σε άλλη; Οι γειτονικές «προβοσκίδες» έλκονται ή απωθούνται; Τέλος, γιατί μερικές «προβοσκίδες» φαίνεται ότι έχουν διπλά στρώματα, σαν να αποτελούνται από δυο ομοαξωνικά χωνιά;

* Σ.τ.Μ: Το γεγονός αυτό ερμηνεύει και τις «βροχές ιχθύων».

4.67
Σίφουνας στη σόδα

Τοποθετήστε ένα μπουκάλι με αεριούχο νερό (σόδα), που μόλις το ανοίξατε, στο κέντρο του πλατώ ενός γραμμοφώνου που περιστρέφεται με ταχύτητα 78 στροφές το λεπτό. Κατά τα αναμενόμενα αναδύονται φυσαλίδες από το αεριούχο νερό. Όταν, όμως, προσθέτετε στο νερό μικρή ποσότητα ζάχαρης ή άλλης κοκκοειδούς ουσίας, οι φυσαλίδες δημιουργούν ένα σχηματισμό όμοιο με σίφουνα. Τι προκαλεί το στροβιλισμό των φυσαλίδων και τι παρέχει σ' αυτόν ενέργεια;

Άνωση

4.68
Δίνη στο φλιτζάνι του καφέ.

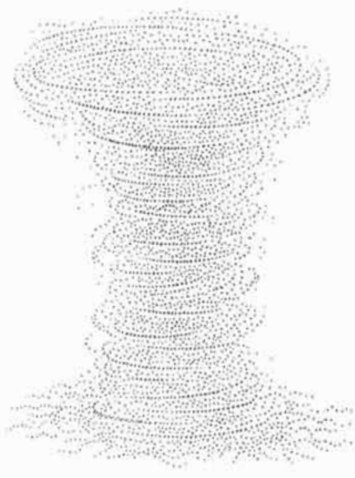
Ανακατέψτε προσεκτικά, ένα φλιτζάνι με ζεστό καφέ, έως ότου αρχίσει να περιστρέφεται ομοιόμορφα. Στη συνέχεια αρχίστε να χύνετε προσεχτικά κρύο γάλα στο κέντρο του. Θα παρατηρήσετε ότι σχηματίζεται στο κέντρο του καφέ μια δίνη και ένα λακκάκι (πιθανώς μεγάλο). Αν όμως χρησιμοποιήσετε ζεστό γάλα, (αντί κρύο) δε θα σχηματισθεί δίνη. Η δίνη δημιουργείται στην πρώτη περίπτωση και όχι στη δεύτερη. Γιατί;

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς.

Στροβιλισμός.

4.69
Διάβολοι σκόνης.

Ποια είναι η αιτία που δημιουργεί συχνά τους «στροβίλους της σκόνης» στις ερήμους ή σε άλλα αμμώδη μέρη; Ο αέρας στο εσωτερικό τους κινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω; Υπάρχει κάποια προτίμηση στη φορά περιστροφής, όπως συμβαίνει με τους κυκλώνες; Γιατί διεγείρονται οι στρόβιλοι από τις σχετικά μικρές τοπικές μεταβολές του αέρα; Ένας λαγός για παράδειγμα που τρέχει με πηδήματα στο έδαφος της ερήμου, μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από τέτοιους «διαβόλους σκόνης». Γιατί σβήνουν όλοι σχεδόν οι αμμοστρόβιλοι μέσα σε 3-4 λεπτά της ώρας; Οφείλεται αυτό σε διαταραχές ή στην εξαφάνιση της πηγής ενέργειάς τους; Γιατί τέλος



Εικόνα 4.69
«Στρόβιλος σκόνης»

παίρνουν τη μορφή κλεψύδρας (εικ.4.69) και όχι χωνιού, όπως οι «προβοσκίδες» των σίφουνων;

4.70
Στρόβιλοι φωτιάς.

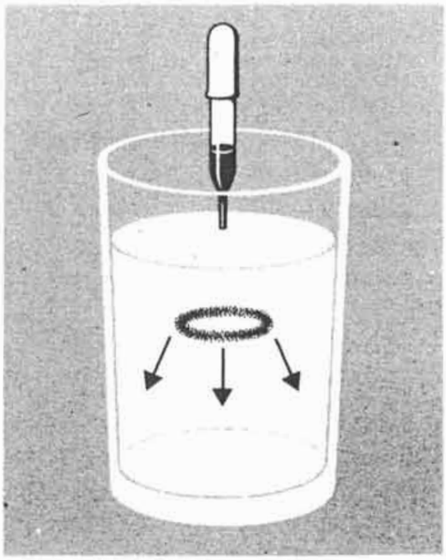
Κοντά σε ηφαίστεια, σε φλεγόμενα δάση και σε μεγάλες πυρκαγιές σχηματίζονται συχνά στρόβιλοι που μοιάζουν με σίφουνες. Γιατί;

4.71
Στρόβιλοι ατμού.

Υπάρχει στη φύση και μια δίνη που παρατηρείται πολύ σπάνια : Σε πυκνή ομίχλη το χειμώνα πάνω από μερικές λίμνες όπως η λίμνη του Michigan, εμφανίζονται στρόβιλοι ατμού. Μπορείτε να κάνετε μια αναπαραγωγή του φαινομένου αυτού, αν φυσήξετε κρύο αέρα πάνω από μια μπανιέρα γεμάτη με ζεστό νερό μέσα σ ένα λουτρό γεμάτο ατμούς. Τι δημιουργεί τους στρόβιλους ατμού;

4.72
Στροβιλιζόμενα δαχτυλίδια από σταγόνες που πέφτουν.

Αν πέσει μια σταγόνα χρωματισμένου νερού μέσα σ' ένα ποτήρι με καθαρό νερό, θα διακρίνετε το σχηματισμό ενός δαχτυλιού που στροβιλίζεται και μεγαλώνει, καθώς καταδύεται (εικ.4.72). Μπορείτε να εξηγήσετε με απλούς όρους γιατί σχηματίζεται και γιατί μεγαλώνει; Ποια είναι η φορά περιστροφής του δαχτυλιού; Τέλος, γιατί σχηματίζονται κι άλλα, λιγότερο έντονα βέβαια, δαχτυλίδια από την πτώση της ίδιας σταγόνας;

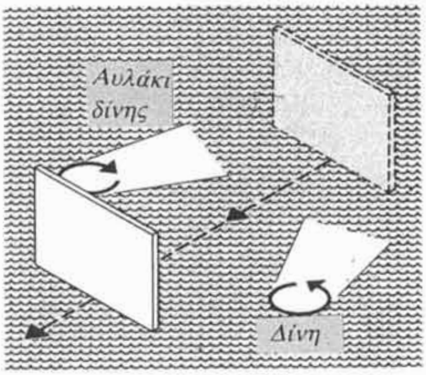


Εικόνα 4.72
Το στροβιλιζόμενο δαχτυλίδι του χρωματισμένου νερού.

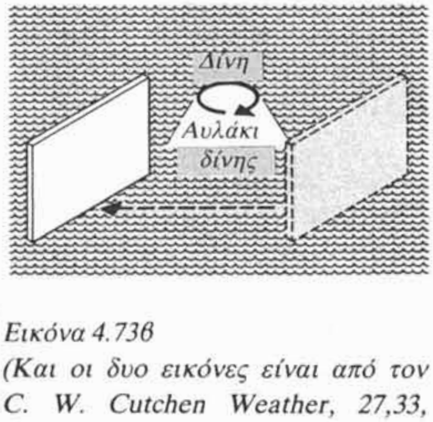
4.73

Οι πατημασιές της θεάς τύχης.

Αν κινήσετε προς τα μπρος γρήγορα και οριζόντια ένα τραπουλόχαρτο που κρατάτε κατακόρυφα κοντά στην επιφάνεια του νερού, όπως δείχνει η εικ.4-73α, θα σχηματιστούν σ' αυτήν δύο αυλάκια. Γιατί; Αν το τραπουλόχαρτο κινηθεί προς τα πλάγια, όπως δείχνει η εικ.4.73β, θα σχηματιστεί μόνο ένα αυλάκι. Γιατί;



Εικόνα 4.73α
Το τραπουλόχαρτο και οι δίνες που δημιουργεί στο νερό.



Εικόνα 4.73β
(Και οι δυο εικόνες είναι από τον C. W. Cutchen Weather, 27,33, 1972).

Στροβιλισμός

Αδιαβατική μεταβολή

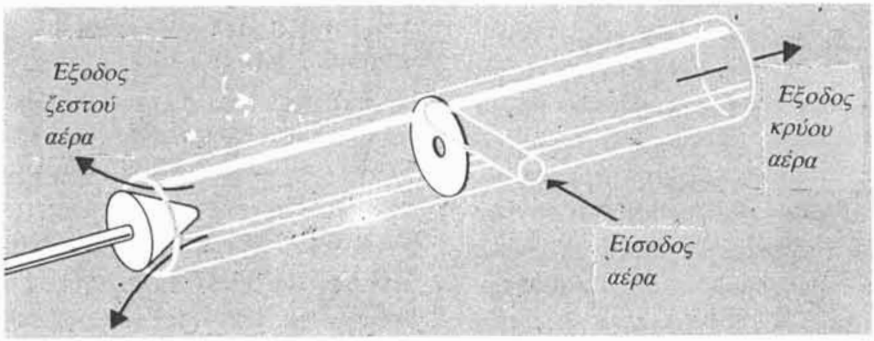
Τριβή

4.74

Ένα απλοϊκό αερόθερμο.

Ο σωλήνας στροβιλισμού Ranque-Hilsch μπορεί να διαχωρίσει τον ζεστό από τον κρύο αέρα, χωρίς να έχει κανένα κινητό τμήμα. Μυστήριος σωλήνας.

Αν εξαναγκασθεί να εισχωρήσει στο σωλήνα αυτόν μέσω της πλευρικής οπής (εικ.4.74) συμπιεσμένος αέρας, που έχει τη θερμοκρασία του δωματίου, από τον ένα βραχίονα του σωλήνα θα βγει αέρας θερμοκρασίας 200°C, και από τον απέναντι βραχίονα κρύος αέρας θερμοκρασίας -50° C. Μέσα στο σωλήνα δεν υπάρχουν θερμαντικά ή ψυκτικά μηχανικά τμήματα. Το μόνο που υπάρχει, είναι μια κυκλική κοιλότητα με μια κεντρική οπή διαφυγής στη μια πλευρά και μια βαλβίδα στο τέλος του βραχίονα στην άλλη πλευρά. Πώς σχηματίζεται αυτή η διαφορά θερμοκρασίας μ' αυτή την απλή διάταξη; Πώς γίνεται το θαύμα και χωρίζονται τα κρύα από τα ζεστά μόρια του συμπιεσμένου αέρα;



Εικόνα 4.74
Ο σωλήνας Ranque - Hilsch.

Δίνες.

Αεροδυναμικό σχήμα.

4.75

Τα πουλιά πετούν σε σχηματισμό V.

Πιστεύετε ότι υπάρχει κάποια φυσική αιτία για το σχηματισμό V, που έχουν υιοθετήσει τα αποδημητικά πουλιά, όταν πετούν; Μήπως πρόκειται για παραξενιά των πουλιών χωρίς πρακτική σημασία; Ίσως πάλι υπάρχει κάποια βάσιμη εξήγηση από πλευράς Αεροδυναμικής για το σχηματισμό αυτό. Αν ναι, έχει σημασία να είναι ο σχηματισμός V συμμετρικός; Είναι απαραίτητο να συγχρονίζουν τα πουλιά το φτερούγισμά τους; Ποια είναι τα προτερήματα του σχηματισμού V σε σχέση με οποιονδήποτε άλλο σχηματισμό (π.χ. γραμμή, ζιγκ-ζαγκ κ.τ.λ.); Γιατί τα πουλιά δεν πετούν σε μπουλούκια, όπως συμβαίνει με τα ψάρια;*

*** Σ.τ.Μ.: βλέπε ερώτηση 4.80**

Δίνες.

Αντίσταση υγρού.

4.76

Το νόμισμα βυθίζεται.

Όταν πέσει ένα νόμισμα σ' ένα μεγάλο δοχείο με νερό, βυθίζεται έχοντας την «περιφέρειά» του κατακόρυφη ή οριζόντια; Με τον ίδιο τρόπο βυθίζεται κι όταν πέσει σ' ένα δοχείο με πυκνόρευστο υγρό, όπως το λάδι ή το διάλυμα ζάχαρης; Πώς βυθίζεται ένας κύλινδρος; Η κοινή λογική οδηγεί στο πιθανοφανές συμπέρασμα ότι τα βυθιζόμενα σώματα επιλέγουν πάντα τον προσανατολισμό αυτόν που τα διευκολύνει στην κατάδυσή τους. Τα νομίσματα πάντως και οι κύλινδροι όταν βυθίζονται, ακολουθούν εξαιτίας ορισμένων παραμέτρων, τον προσανατολισμό που αρχικά τους δώσατε, όταν τα ρίχνατε στο νερό.

Αν βυθίσετε μεγαλύτερο νόμισμα (δηλαδή νόμισμα με μεγαλύτερη επιφάνεια) σε πυκνότερο υγρό, θα διαπιστώσετε ότι βυθίζεται, διατηρώντας την «περιφέρειά» του οριζόντια. Στην περίπτωση αυτή ποια αιτία εξαναγκάζει το νόμισμα να προσανατολίζεται με το «πρόσωπό» του οριζόντιο; Γιατί δεν κινούνται έτσι τα μικρά νομίσματα και οι κύλινδροι;

4.77

Αγώνες stock car.

Τι πλεονέκτημα παρουσιάζει ένα αυτοκίνητο στους αγώνες stock car*, με το να «κολλάει» σχεδόν τη μούρη του στην «ουρά» του προπορευόμενου αυτοκινήτου (η τεχνική αυτή στα αγγλικά ονομάζεται drafting); Το αυτοκίνητο που προηγείται, επηρεάζεται από το γεγονός αυτό; Το αυτοκίνητο που ακολουθεί, υφίσταται μια βίαιη επιτάχυνση, τη στιγμή που προσπερνά το προπορευόμενο. Γιατί;

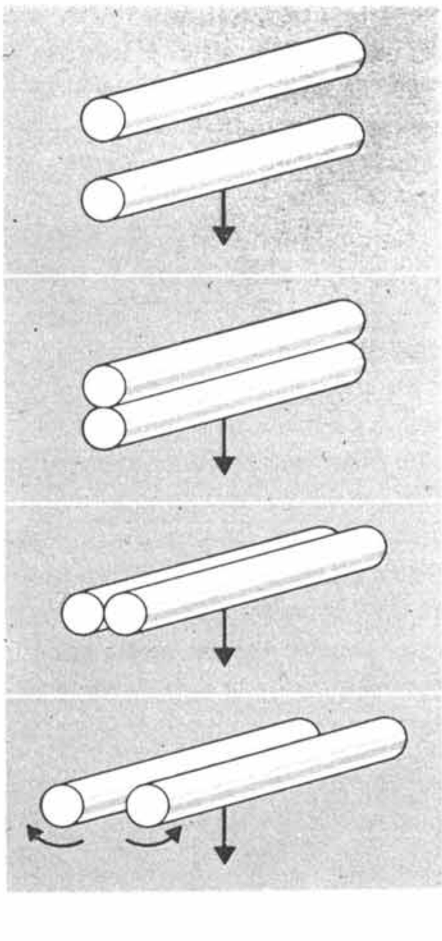
* Σ.τ.Μ.: Αγώνες που γίνονται στην Αμερική. Τα αυτοκίνητα στην εξωτερική τους εμφάνιση μοιάζουν με τα συμβατικά αυτοκίνητα· στα μηχανολογικά τους μέρη είναι ιδιαίτερα βελτιωμένα.

Δίνες.

4.78

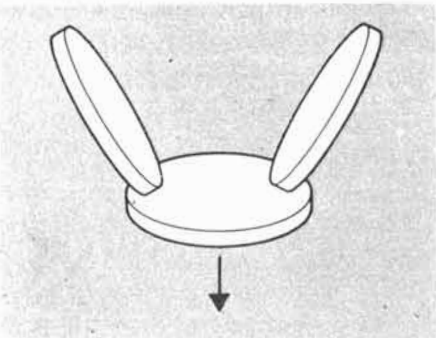
Τα σώματα που βουλιάζουν αγκαλιασμένα.

Μερικά αντικείμενα μπορούν να αλληλοεπιδρούν κατά περίεργους τρόπους, ενώ βυθίζονται σε πυκνόρρευστα υγρά, όπως το λάδι ή το διάλυμα ζάχαρης. Σας παρουσιάζουμε τρία παραδείγματα: Ρίξτε δύο κύλινδρους σε πυκνόρρευστο υγρό· πρώτα τον ένα και αμέσως μετά τον άλλο. Για ορισμένες περιοχές ιξώδους του υγρού, ταχύτητας και μεγέθους των κυλίνδρων, μπορεί να συμβούν τα εξής: Ο κύλινδρος που ακολουθεί, φθάνει αυτόν που προηγείται, και στρέφεται γύρω του, μέχρις ότου βρεθούν και οι δύο στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, παράλληλοι μεταξύ τους. Στη συνέχεια, ενώ βυθίζονται, περιστρέφονται ο καθένας γύρω από τον εαυτό του και απομακρύνονται ο ένας από τον άλλο (εικ.4.78α). Σε μια πιο απλή περίπτωση αλληλεπίδρασης, δύο δίσκοι (π.χ. νομίσματα) πέφτουν στο υγρό, αμέσως μετά από έναν άλλο δίσκο. Τον φτάνουν και βυθίζονται και οι τρείς διατηρώντας ένα σταθερό σχηματισμό, που μοιάζει με πεταλούδα (εικ.4.78β). Ένας «σωρός» τέλος από τρείς μέχρι έξι σφαίρες παρουσιάζει το εξής θέαμα: καθώς βυθίζονται οι σφαίρες, μπορεί να χωριστούν και να σχηματίσουν ένα οριζόντιο κανο-



Εικόνα 4.78α
Δυο τρόποι κίνησης δυο κυλίνδρων μέσα σε παχύρευστο υγρό.

νικό πολύγωνο, το οποίο, όσο οι σφαίρες συνεχίζουν την κίνησή τους, ολοένα και μεγαλώνει. Μπορείτε να εξηγήσετε σε γενικές γραμμές γιατί προκαλούνται οι επιδράσεις που προαναφέρθηκαν;



Εικόνα 4.78β
Ο σχηματισμός των τριών νομισμάτων καθώς βυθίζονται στο υγρό. (Από τους K.O.L.F. Jayaweera και B.J. Mason, J. Fluid Mech, 22,709,

Άνωση.

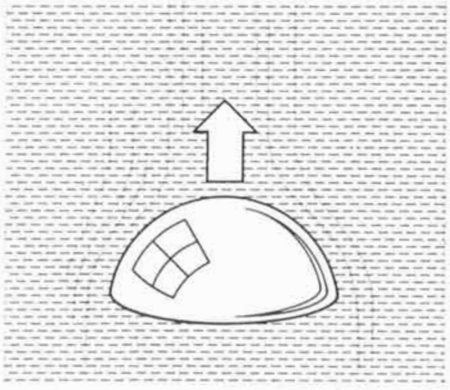
Αντίσταση υγρού.

Στρόβιλοι.

4.79

Παράξενες «μπουρμπουλήθρες» στο νερό.

Εξετάστε από πολύ κοντά τις φυσαλίδες, που αναδύονται μέσα από ένα ποτήρι με νερό. Οι πιο μικρόσωμες (με ακτίνα μικρότερη από 0,7 χιλιοστόμετρα) είναι σφαιρικές και φθάνουν στην επιφάνεια σε ευθεία γραμμή. Οι λίγο πιο μεγάλες (με ακτίνα μέχρι 3 χιλιοστόμετρα) είναι σφαιρικές, και αναδύονται με τροχιά ζιγκ-ζαγκ. Αν η ακτίνα τους είναι ακόμη μεγαλύτερη (περισσότερο από 3 χιλιοστόμετρα), η τροχιά τους είναι ευθεία. Αν τέλος η ακτίνα υπερβαίνει το 1 εκατοστόμετρο, οι φυσαλίδες μοιάζουν με ομπρέλες (εικ.4.79). Το σχήμα λοιπόν των φυσαλίδων στο νερό, εξαρτάται από το μέγεθός τους. Γιατί όμως; Τι υποχρεώνει τις μεσαίου μεγέθους φυσαλίδες να κάνουν ζιγκ-ζαγκ ή σπειροειδή τροχιά; Ποιες παράμετροι καθορίζουν τη συχνότητα της κίνησης αυτής;



Εικόνα 4.79
Μια μεγάλη φυσσαλίδα που μοιάζει με ομπρέλα.

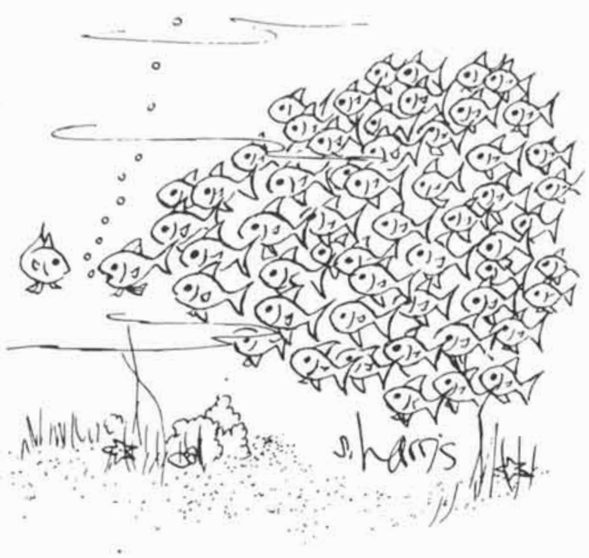
Δίνες.

Αντίσταση υγρού.

4.80

Μπουλούκια ψαριών.

Τα ψάρια κολυμπούν ανά ομάδες, γεγονός που μάλλον πρέπει να οφείλεται σε κοινωνικούς παράγοντες... Το σίγουρο πάντως είναι ότι η ομαδική κολύμβηση παρέχει στα ψάρια πρακτικά οφέλη. Έτσι η αντοχή τους αυξάνει σημαντικά (υπάρχει η άποψη ότι εξαπλασιάζεται). Η κολύμβηση σε κανονικές διατάξεις και με συγχρονισμένες κινήσεις παρέχει πλεονεκτήματα στα ισομεγέθη και ομοιόσχημα ψάρια. Γιατί; Και ειδικότερα: Τι καθορίζει τις αποστάσεις που πρέπει να έχουν τα ψάρια μεταξύ τους; Ένα ψάρι πρέπει να κολυμπά ακριβώς πίσω από ένα άλλο; Γιατί τα ψάρια δεν κολυμπούν σε σχηματισμό V, όπως πετούν τα πουλιά;



Εικόνα 4.80
«Όλα άρχισαν με το αθώο παιχνίδι: κάνε ότι κάνω!»

4.81

Ριπές ανέμου πλήττουν τα κτίρια.

Όταν πνέει ισχυρός και ορμητικός άνεμος, η πλευρά των κτιρίων, η οποία είναι εκτεθειμένη σ' αυτόν, είναι πιο ήρεμη απ' ό,τι η αντίθετη πλευρά, που δεν την πλήττει ο άνεμος. Γιατί συμβαίνει αυτό και όχι το αντίθετο, το οποίο έπρεπε να ισχύει λογικά;

Εξαναγκασμένη ταλάντωση.

Αρμονικές ταλαντώσεις.

4.82

Η κατάρρευση της γέφυρας Tacoma Narrows.

Ίσως έχετε ακούσει για την πτώση της κρεμαστής γέφυρας Tacoma Narrows, το 1940, στην Ουάσιγκτον. Η τηλεόραση και αρκετά εργαστήρια Φυσικής διαθέτουν το θεαματικό φιλμ, που δείχνει τη γέφυρα να ταλαντώνεται και τελικά να καταρρέει. Η ιστορία των ταλαντώσεων της γέφυρας αρχίζει από τον καιρό ήδη της κατασκευής της. Οι κυματιστές κινήσεις της μάλιστα προκαλούσαν στους εργάτες ναυτία. Όταν δόθηκε στην κυκλοφορία, η ταλάντωσή της ήταν τόσο εμφανής, ώστε κατέφθασαν αυτοκινητιστές από μίλια μακρυά, μόνο και μόνο για να βρεθούν πάνω στη θρυλική γέφυρα. Φανταστείτε ακόμη ότι η ταλάντωση της γέφυρας έφτανε το 1,5 μέτρο, με αποτέλεσμα να μη διακρίνει ο ένας αυτοκινητιστής τον άλλο, την ώρα που τη διέσχιζαν. Η κατάρρευσή της πάντως αποτέλεσε φοβερή έκπληξη! Το πρωί της μοιραίας ημέρας ο κυματισμός σταμάτησε ξαφνικά και ύστερα από μικρή παύση η γέφυρα άρχισε να εκτελεί μια λυσσαλέα στροφική ταλάντωση. Δύο άνθρωποι που περπατούσαν εκείνη τη στιγμή πάνω της γλίτωσαν έρποντας με τα τέσσερα. Ένας καθηγητής, προσπαθώντας να σώσει ένα σκύλο που είχε αποκλειστεί επάνω στη γέφυρα, κατάφερε να επιστρέψει κινούμενος κατά μήκος μόνο της δεσμικής γραμμής της στροφικής ταλάντωσης. (Η προσπάθειά του αυτή φαίνεται στο φιλμ). Μετά από 30 λεπτά στροφικής κίνησης ξεκόλλησε κι έπεσε ένα πλαίσιο πατώματος από το κύριο κατάστρωμα. Στα επόμενα 30 λεπτά έπεσε ένα άλλο κομμάτι του καταστρώματος, μήκους 180 μέτρων. Μεσολάβησε μικρή παύση και αμέσως μετά άρχισε και πάλι η στροφική ταλάντωση. Από δω και πέρα, σε πολύ λίγα λεπτά κατέρρευσε η γέφυρα. Ο σχεδιαστής της γέφυρας (που πέθανε λίγο μετά το τραγικό τέλος της σταδιοδρομίας του) δεν έφερε σχεδόν καμιά ευθύνη, αν σκεφτούμε ότι η γνώση της αεροδυναμικής συμπεριφοράς των κρεμαστών γεφυρών, τότε τουλάχιστον, ήταν ανεπαρκής). Ο αντίκτυπος υπήρξε τεράστιος ασφαλώς και για πολύ καιρό παρατηρήθηκε αναστολή στις διαθέσεις εκείνων που προγραμμάτιζαν κατασκευές τέτοιων γεφυρών.

Η πτώση της γέφυρας Tacoma Narrows χρησιμοποιείται στη διδασκαλία της Φυσικής ως παράδειγμα εξαναγκασμένης ταλάντωσης και συντονισμού. Αν και δε φυσούσε ασυνήθιστα ισχυρά ο άνεμος εκείνη την ημέρα, οι ταλαντώσεις της γέφυρας δυνάμωσαν, φτάνοντας σε καταστροφικά όρια. Αλλά γιατί και πώς ακριβώς έκανε τις ζημιές του ο άνεμος; Πώς μπόρεσε ένας ελαφρός, σταθερός άνεμος να προκαλέσει τον κυματισμό, που οδήγησε σύντομα στη στροφική ταλάντωση; Γιατί δημιουργήθηκαν διαμήκεις ταλαντώσεις στη γέφυρα; Αφού λάβετε υπόψη σας ότι το φαινόμενο του συντονισμού προϋποθέτει την εξίσωση της συχνότητας ταλάντωσης του διεγείροντος αιτίου με την ιδιοσυχνότητα του ταλαντούμενου σώματος, μπορείτε να εξηγήσετε πώς κατάφερε ο άνεμος τέτοιο πλήγμα; Πώς μπορεί να ελαχιστοποιηθεί η αεροδυναμική αστάθεια μιας γέφυρας;

Ένα άλλο στοιχείο, που προέκυψε από την καταστροφή της γέφυρας, ήταν η ανάγκη να αφήνονται κενά κατά μήκος του καταστρώματος και ακριβέστερα μεταξύ των αντίθετων λωρίδων κυκλοφορίας. Γιατί βοηθά το στοιχείο αυτό στη σταθερότητα της κατασκευής;

Αστάθεια Kelvin - Helmholtz.

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς.

4.83

Κενά αέρα στις πτήσεις.

Τι προκαλεί τα σκαμπανεβάσματα, που τόσο συχνά συμβαίνουν στα αεριωθούμενα αεροπλάνα (τύπου Jet); Ας δούμε όμως αρχικά τις ιδιομορφίες τους. Μερικά απ' αυτά είναι μικρά τινάγματα. Μερικά υποχρεώνουν το αεροπλάνο να ανεβοκατεβαίνει, όπως τα πλοία στην τρικυμία. Άλλα πάλι ανυψώνουν απότομα το αεροπλάνο, με αρκετές πιθανότητες να χάσει ο πιλότος τον έλεγχό του. Για τους τύπους διαταραχής που περιγράψαμε, υπάρχουν συχνά προειδοποιητικά ση-

μάδια αλλά όχι πάντοτε. Έτσι μερικές τυρβώδεις διαταραχές μπορεί να συμβούν με καλό καιρό, χωρίς σύννεφα και σε διάφορα ύψη. Οι διαταραχές αυτές ήταν άγνωστες μέχρι την εμφάνιση των αεριωθούμενων (στο Β Παγκόσμιο Πόλεμο), τα οποία ήταν σε θέση να φθάσουν στα σχετικά μεγάλα ύψη, στα οποία και εμφανίζονται οι «τυρβώδεις διαταραχές εν αιθρία». Ποια είναι η αιτία γι' αυτές τις τυρβώδεις διαταραχές και ποια για τις άλλες, που συμβαίνουν με καλό καιρό; Γιατί τις συναντάμε σε μεγάλα ύψη;

4.84

«Το ρολόι που χτυπούσε ρυθμικά....»

Ένα ρολόι με ελατήριο «τρέχει» με διαφορετική ταχύτητα όταν βρίσκεται στην κορυφή ενός βουνού, και με άλλη, όταν βρίσκεται στο επίπεδο της θάλασσας. Γιατί;

Τυρβώδης ροή.

4.85

Συρμάτινο πλέγμα στη βρύση.

Συχνά προσαρμόζουμε ένα συρμάτινο πλέγμα στο στόμιο της βρύσης. Γιατί; Προφανώς λειτουργεί σαν σουρωτήρι και συγκρατεί τα μικρά πετραδάκια που περιέχονται πολλές φορές στο νερό. Παράλληλα όμως ισχυρίζονται πολλοί ότι το νερό γίνεται «απαλότερο» ή «μαλακότερο», όταν υπάρχει αυτό το πλέγμα. Ο ισχυρισμός αυτός ευσταθεί; Γιατί;

Τυρβώδη ροή.

Συμβολή κυμάτων.

4.86

Πισίνες για γρήγορη κολύμβηση.

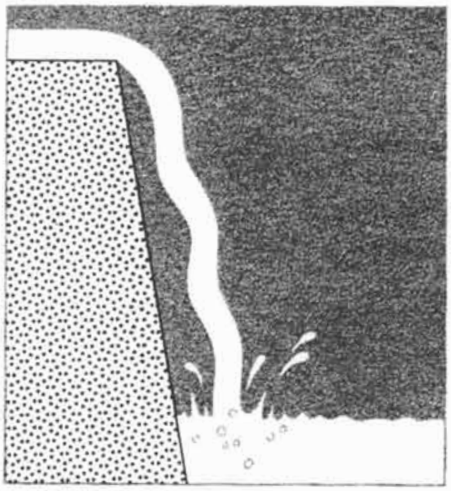
Γιατί λέγεται ότι μερικές πισίνες είναι κατασκευασμένες για γρήγορη κολύμβηση; Είναι δυνατό διαφορετικά βάθη, διαφορετικά τοιχώματα και διαχωριστικά διαδρόμων, πρόσθετα χημικά κ.τ.λ. να επηρεάζουν σημαντικά την ταχύτητα του κολυμβητή;

Ταλαντώσεις ακμής.

4.87

«Καταρράχτες» που κυματίζουν.

Όποτε ξεχειλίζουν οι υδατοφράχτες, το νερό που χύνεται έξω, εκτελεί (συνήθως) έντονες ταλαντώσεις (εικ.4.87). Ο θόρυβος που προκαλούν οι ταλαντώσεις αυτές, και ο θόρυβος που προκαλείται από την κρούση του νερού στη βάση του υδατοφράχτη είναι αφόρητοι, για όποιον βρίσκεται κάπου εκεί κοντά. Τι προκαλεί αυτές τις ταλαντώσεις και γιατί είναι τόσο θορυβώδεις;



Εικόνα 4.87

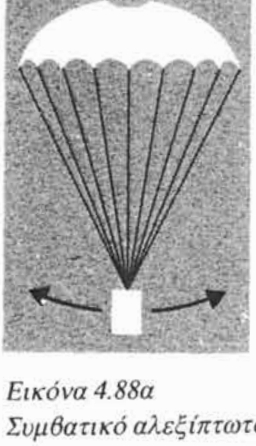
Δίνες.

Φυσικό εκκρεμές.

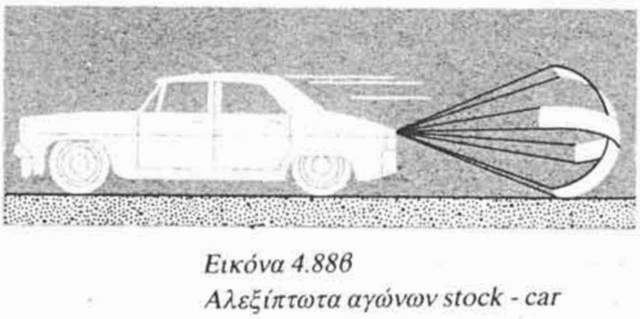
4.88

Τρύπες στα αλεξίπτωτα.

Τα αλεξίπτωτα - ιδίως τα συμβατικά των αλεξιπτωτιστών - έχουν τρύπες, συνήθως στο κέντρο της ομπρέλας τους (εικ.4.88α.). Γιατί; Δεν είναι περίεργο που είναι «τρύπια»; Δε νο-



Εικόνα 4.88α
Συμβατικό αλεξίπτωτο



Εικόνα 4.88β
Αλεξίπτωτα αγώνων stock - car

μίζετε ότι επιδρά αυτό αρνητικά μάλλον στην όλη λειτουργία τους; Αν έχει προβλεφθεί η τρύπα για να μειώνει την αντίσταση του αέρα, γιατί δεν κατασκευάζονται αλεξίπτωτα με μικρότερη ομπρέλα; Περισσότερες απορίες γεννά η κατασκευή των μη συμβατικών αλεξίπτωτων. Τα αλεξίπτωτα για παράδειγμα που διαθέτουν τα αυτοκίνητα αγώνων stock car,* έχουν ομπρέλα που αποτελείται από δύο ταινίες ενωμένες σταυρωτά (εικ.4.886). Γιατί χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους αλεξίπτωτα αντιστάσεως; Η αντίσταση του αέρα δεν είναι πολύ μικρή; Αυτοί που χρησιμοποιούν τα συμβατικά αλεξίπτωτα ακόμη και όταν δεν πνέει άνεμος, κινούνται πέρα-δώθε, όταν πέφτουν. Η ταλάντωση αυτή είναι πολύ επικίνδυνη, όταν προσεδαφίζονται. Αν δεν ήταν αναγκαία, οι αλεξιπτωτιστές θα την απέφευγαν. Τι προκαλεί αυτή την παλινδρομική κίνηση; Τι καθορίζει την περίοδό της;

***Σ.τ.Μ: βλέπε και ερ. 4.77**

Τυρβώδης ροή

Μεταφορά ορμής

Υδροστατικές δυνάμεις

4.89

Η ταχύτητα της βάρκας που την παρασύρει το ρεύμα

Μια ακυβέρνητη βάρκα που την παρασύρει το ρεύμα του ποταμού, μας δίνει την εντύπωση ότι αναπτύσσει ταχύτητα μεγαλύτερη από το ρεύμα. Δε θα έπρεπε όμως να συμβαίνει το ίδιο και με μια βάρκα που έχει κυβερνήτη; Η βάρκα, που υποτίθεται ότι παρασύρεται από το ποτάμι, πώς μπορεί και κινείται γρηγορότερα απ' αυτό;

Ροή γύρω από εμπόδιο

Δίνες

4.90

Τα κενά στους φράχτες χιονιού

Όταν θέλουμε να εμποδίσουμε το χιόνι να στοιβαχτεί ή να καλύψει έναν αυτοκινητόδρομο, τις ράγες του τραίνου ή ένα μονοπάτι, κατασκευάζουμε ένα φράχτη και όχι τοίχο. Γιατί; Ο φράχτης είναι βέβαια λιγότερο δαπανηρός. Αν σκεφτούμε όμως τα κενά που έχει, δεν πρέπει να προτιμήσουμε την κατασκευή τοίχου;

4.91

Στοίβες χιονιού

Το χιόνι στοιβάζεται πολύ περισσότερο μπροστά σε στύλους ή δέντρα παρά στις πλευρές σπιτιών που τις χτυπά ο άνεμος. Γιατί υπάρχει αυτή η εκλεκτική συσσώρευση του χιονιού μπροστά από στενά αντικείμενα;

Αντίσταση αέρα

Σχηματισμός δινών

4.92

Ρευματικές γραμμές στα φτερά του αεροπλάνου

Γιατί το πίσω μέρος των φτερών των αεροπλάνων είναι αιχμηρό σε αντίθεση με το μπροστινό τους μέρος; (Η απάντηση «για τη στρωτή ροή του αέρα» δεν αρκεί). Γιατί τα φτερά μερικών αεροπλάνων κλίνουν προς τα πίσω, σχηματίζοντας μεταξύ τους μια δίεδρη γωνία και δεν είναι το ένα στην προέκταση του άλλου, πράγμα που δε συμβαίνει στα φτερά άλλων αεροπλάνων;

Αντίσταση του αέρα

4.93

Αεροδυναμική του σκι

Ποια είναι η καλύτερη, αεροδυναμική στάση που μπορεί να πάρει ένας χιονοδρόμος σε αγώνα κατάβασης; Οι νικητές στους Ολυμπιακούς και σε άλλους αγώνες αναδεικνύονται συχνά με διαφορά 0,01 του δευτερολέπτου μόνο. Λόγω της μεγάλης ανάγκης για βαθιά γνώση της στάσης καθώς και του εξοπλισμού ενός χιονοδρόμου, οι Γάλλοι έχουν κάνει πειράματα σε τούνελ ανέμου και έχουν ανακαλύψει τη «στάση αυγό» (εικ. 4.93α). Αν και δεν είναι η προσφορότερη για τη μείωση της αντίστασης του αέρα, είναι πάντως πολύ πρακτική για αγώνες με σκληρό ανταγωνισμό.

Τι γίνεται τώρα με τις υπόλοιπες δύο στάσεις που παραθέτουμε; Πριν ακόμα, από τα πειράματα, αρκετοί χιονοδρόμοι είχαν υιοθετήσει ενστικτωδώς τη δεύτερη στάση, που τα χέρια είναι πεσμένα δίπλα στα πόδια (εικ. 4.93β).

Διαπιστώθηκε τέλος ότι η στάση, κατά την οποία ο χιονοδρόμος γέρνει το σώμα αλλά το κρατά ψηλά (εικ. 4.93γ), παρουσιάζει λιγότερη αντίσταση σε σύγκριση με το συσπειρωμένο σώμα και τα πεσμένα χαμηλά χέρια (όχι τόσο λίγη βέβαια, όσο η Γαλλική «στάση αυγό»). Γιατί;



Εικόνα 4.93
Τρεις στάσεις του σκι

Αντίσταση αέρα

4.94
Μπάλες του Γκολφ

Γιατί δεν έχουν λεία επιφάνεια οι μπάλες του Γκολφ αλλά είναι γεμάτες λακκάκια; Πολύ παλιά είχαν λεία επιφάνεια και κατά τύχη ανακάλυψαν ότι οι μπάλες με τραχειά επιφάνεια πήγαιναν μακρύτερα. Εάν σήμερα μια μπάλα με επιφάνεια γεμάτη λακκάκια μπορεί να φθάσει τα 200 μέτρα, η μπάλα με λεία επιφάνεια με δυσκολία φθάνει τα 50 μέτρα. Τι σημαίνει αυτό; Δε θα έπρεπε η μπάλα με τη λεία επιφάνεια να πηγαίνει μακρύτερα, αφού βρίσκει μικρότερη αντίσταση αέρα;*

*** Τα τελευταία χρόνια σχεδιάστηκε και πουλιέται μια νέα μπάλα του γκολφ. Κατά διαστήματα έχει βαθουλώματα σε σχήμα εξάγωνου, τα οποία δε μοιάζουν καθόλου με τα καθιερωμένα στρογγυλά λακκάκια. Οι κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι με την κατασκευή αυτή προσθέτουν κατά μέσο όρο 5 μέτρα στο βεληνεκές της μπάλας.**

Ατμοσφαιρική πίεση

Μεταφορά ορμής

4.95
Το παράξενο πουλί

Πώς προωθούνται τα πουλιά; Απ' ό,τι ξέρω, ανεβοκατεβάζουν τις φτερούγες τους. Αλλά πώς τα κρατά στον αέρα η κίνηση αυτή, και το κυριότερο, πώς τα κάνει να κινούνται προς τα μπρος;

Θα σκεφτείτε ίσως ότι τα πουλιά κινούν τις φτερούγες προς τα πίσω και μ' αυτό τον τρόπο προωθούνται. Και όμως, οι ταινίες σε αργή κίνηση δείχνουν τη φτερούγα να κινείται προς τα κάτω και όχι προς τα πίσω. Ο αρχαίος μύθος του Ίκαρου ίσως να κρύβει το μυστικό της πτήσης των πουλιών. Αυτός πρώτος πέταξε πάρα πολύ κοντά στον ήλιο, έχασε τα φτερά του, που ήταν προσαρμοσμένα στα χέρια του, και σκοτώ-

θηκε πέφτοντας στο κενό. Πρέπει, λοιπόν, τα πουλιά να έχουν φτερά για να κερδίζουν ύψος και να κινούνται προς τα μπρος; Μπορεί ένα μαδημένο πουλί να πετάξει;



καλύτερα τις μέρες που δε φυσά άνεμος; Αν τέλος παρασύρονται από ανοδικά θερμικά ρεύματα, γιατί μια ομάδα πουλιών πετά αβίαστα σε κάποιο ύψος, ενώ τα πουλιά μιας άλλης ομάδας, που βρίσκεται πάνω ή κάτω από την προηγούμενη, πρέπει να κουνάνε, τις φτερούγες τους, για να διατηρηθούν σ' αυτό το ύψος; Αν όμως η ανοδική δύναμη οφείλεται στα θερμικά ρεύματα που ξεκινούν από το έδαφος, δε θα έπρεπε τα μεγαλύτερα πουλιά να πετούν ευκολότερα κοντά στο έδαφος; Στην πράξη σπάνια συμβαίνει κάτι τέτοιο.

Μερικά πουλιά ακολουθούν τα πλοία σε μεγάλες αποστάσεις στους ανοιχτούς ωκεανούς και κατορθώνουν να πετούν πάνω από το αυλάκι του νερού που αφήνει το πλοίο, χωρίς να κινούν τα φτερά τους. Πώς γίνεται κάτι τέτοιο;

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

Υγροποίηση

Στρόβιλοι

4.98
Κομπολόι από σύννεφα

Μερικές φορές ο ουρανός καλύπτεται από μακριές σειρές σωρειτών*, που μοιάζουν με χιονισμένα μονοπάτια. Ποια είναι η αιτία που διατάσσει μ' αυτό τον τρόπο τα σύννεφα; Τι καθορίζει την απόσταση μεταξύ των ουράνιων «μονοπατιών» και γιατί δεν εμφανίζονται πολύ συχνά;

*** Σ.τ.Μ: Το περισσότερο συχνά εμφανιζόμενο είδος σύννεφων που αναπτύσσονται σε μεγαλύτερα των 5000m ύψη και των οποίων η επιστημονική ονομασία είναι Cumulus**

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

Στρόβιλοι

Δυναμική άνωση και αντίσταση του αέρα

4.96
Το πέταγμα του γλάρου

Ποια δύναμη κάνει τα πουλιά να πετούν για πολλή ώρα χωρίς να κινούν τα φτερά τους;

Ας υποθέσουμε ότι εκμεταλλεύονται τους άνεμους, οι οποίοι προσκρούουν σε δέντρα ή λόφους και κατευθύνονται προς τα πάνω. Γιατί όμως πλανάρουν εξίσου καλά και πάνω από πεδιάδες ή θάλασσες; Αν κερδίζουν ύψος διεισδύοντας σ' ένα ρεύμα αέρα, του οποίου η ένταση μεγαλώνει με το ύψος, τότε γιατί πλανάρουν

Πίεση

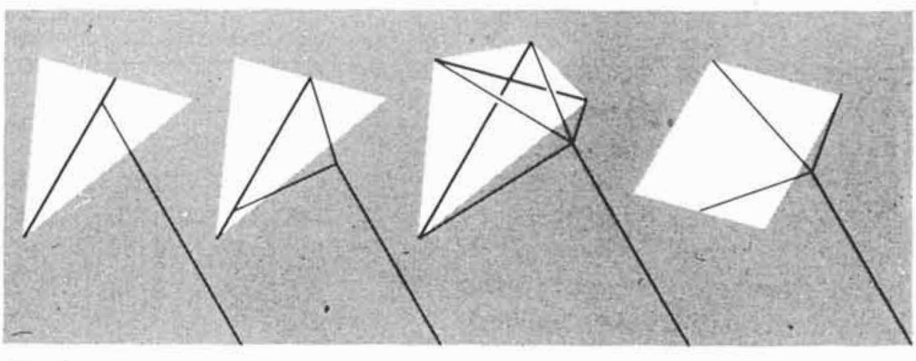
Ευστάθεια

4.97
Χαρταετοί

«Εκστατικά υψώνουν τα παιδιά
τα χέρια.
Δείχνουν τους χάρτινους κομήτες με τις μακρυές ουρές...»*
Α. Εμπειρίκος

Ποια δύναμη κρατά τους τριγωνικούς και τετράγωνους χαρταετούς στον αέρα, χωρίς να πέφτουν και ποιο είδος έχει τη μεγαλύτερη ευστάθεια; Γιατί μερικοί χαρταετοί πρέπει να έχουν ουρά; Τέλος ποια πλεονεκτήματα παρέχουν τα διάφορα «ζύγια», που φαίνοντα στην εικόνα 4.97;

*Σ.τ.Μ: «Χαρταετοί» από τη συλλογή «Οκτάνα», (Εκδ. Ίκαρος)



Εικόνα 4.97
«Ζύγια» χαρταετών

Διάδοση θερμότητας δια μεταφοράς

Επιφανειακή τάση

Μη γραμμική ροή ρευστού

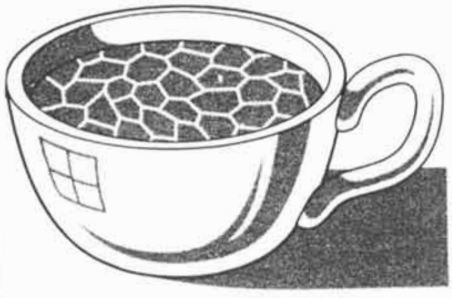
Σταθερότητα

Υγροποίηση

4.99

Πολύγωνα στην επιφάνεια του καφέ

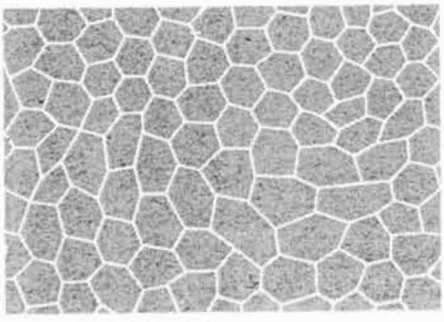
Εάν φωτίσετε με ισχυρό φως και από πλάγια θέση μια κούπα γεμάτη καυτό καφέ, μετά από προσεκτική παρατήρηση της επιφάνειάς του, θα διαπιστώσετε ότι έχει καλυφθεί αυτή από πολυγωνικές κυψέλες (εικ. 4.99α). Στη



Εικόνα 4.99α
Πολύγωνα στην επιφάνεια του καφέ (Από τον V.J. Schaefer, American Scientist, 59, Sept. 1971)

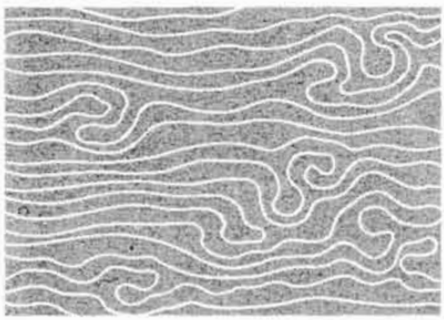
συνέχεια πάλι όταν κρυώσει ο καφές, εξαφανίζονται. Μπορείτε κι εσείς να τις εξαφανίσετε, αν φέρετε κοντά στην επιφάνεια μια πλαστική χτένα φορτισμένη με ηλεκτρικά φορτία. (Η χτένα θα φορτιστεί, αν την τρίψετε στο πουλόβερ σας ή στα μαλλιά σας). Και άλλα υγρά εμφανίζουν σχήματα στην επιφάνειά τους.

James Thomson, ένας εξαιρετικός Φυσικός του 19ου αιώνα, παρατήρησε ότι τα σχήματα στις επιφάνειες ζεστών σαπουνοδιαλυμάτων ή δυνατών κρασιών μεταβάλλονταν γρήγορα. Αργότερα ο Γάλος Bérnard κατάφερε να δημιουργήσει κανονικά σχήματα στην επιφάνεια λαδιού, που ζε-



Εικόνα 4.99β
Εξαγωγικές κυψέλες του Bernard

σταινόταν στον πυθμένα του δοχείου του. Τα κανονικά πολύγωνά του μετατρεπόντουσαν αργά σε όμορφα εξάγωνα, σαν κερήθρες (εικ. 4.99β). Στην επιφάνεια άλλων υγρών εμφανίζονται οφιοειδή σχήματα (εικ. 4.99γ).



Εικόνα 4.99γ
«Οφιοειδή» σχήματα στην επιφάνεια υγρού

Πρόσφατα αναπτύχθηκαν τέτοια σχήματα και σε υγρά μέσα σε διαστημόπλοια, σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας.

Γιατί άραγε εμφανίζονται όλα αυτά τα σχήματα (και κυρίως αυτά με τη μορφή κερήθρας) στις επιφάνειες των υγρών, που αναφέραμε στα προηγούμενα παραδείγματα; Γιατί χάνονται οι πολυγωνικές κυψέλες της επιφάνειας του καφέ, όταν πλησιάζουμε ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα; Τέλος, τα διάφορα σχήματα στις επιφάνειες των υγρών εξαρτώνται από τη βαρύτητα;

Στρόβιλοι

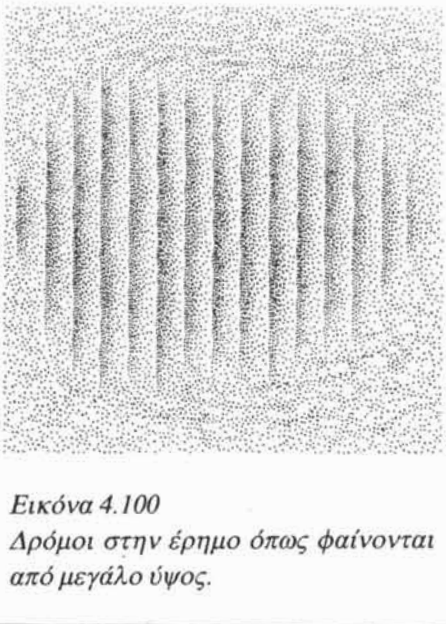
Κύματα βαρύτητας

4.100

Δρόμοι στην έρημο

Αν κοιτάξετε από το αεροπλάνο τους αμμόλοφους της ερήμου, θα παρατηρήσετε ότι έχουν σχηματιστεί πάνω τους μακρόστενοι και ευθύγραμμοι δρόμοι με διεύθυνση Βορρά - Νότου, (εικ. 4.100). Θα σας περάσει ίσως από το νου ότι σχεδιάστηκαν από ανθρώπινο χέρι. Οι παράλληλες αυτές ζώνες εμφανίζονται στις μεγάλες ερήμους, ακολουθούν πάντα την κατεύθυνση Βορρά - Νότου και το μήκος τους κυμαίνεται από 1 έως 3 χιλιόμετρα.

Τα φύλλα που πέφτουν στην επιφάνεια μιας λίμνης, ή τα φύκια που επιπλέουν, διατάσσονται σε ζώνες, μικρότερης έκτασης βέβαια απ' αυτές των ερήμων. Απέχουν μεταξύ τους 100 έως 200



Εικόνα 4.100
Δρόμοι στην έρημο όπως φαίνονται από μεγάλο ύψος.

μέτρα και έχουν μήκος μεγαλύτερο από 500 μέτρα.

Ποια είναι η αιτία που καθορίζει στα παραπάνω παραδείγματα τη διεύθυνση στην οποία προσανατολίζονται οι ζώνες; Αν είναι ο άνεμος, η διεύθυνσή τους είναι κάθετη ή παράλληλη σε σχέση με τη διεύθυνση που πνέει αυτός; Τέλος, τι καθορίζει την απόσταση μεταξύ των ζωνών;

Δίνες

4.102
Ρυτίδες της άμμου

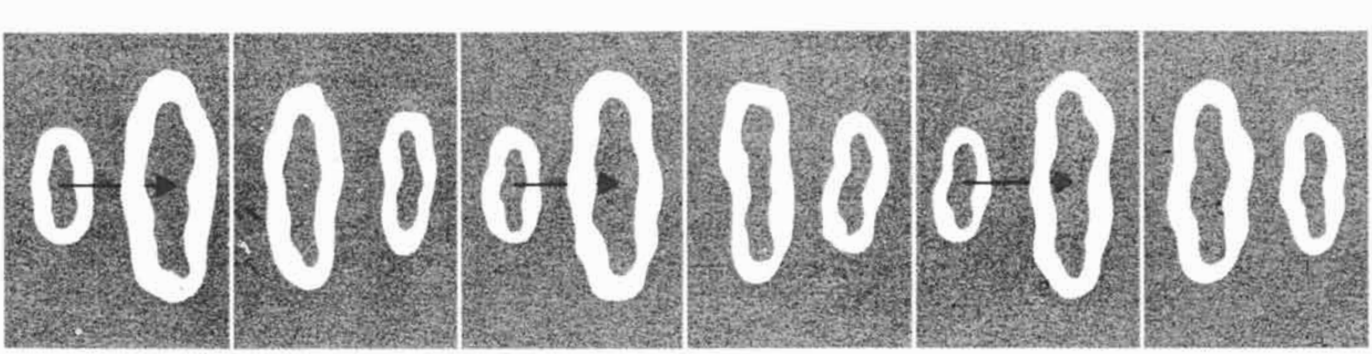
Γιατί καλύπτονται από ρυτιδώσεις οι πλευρές των αμμόλοφων; Τι ακριβώς προσδιορίζει την απόσταση μεταξύ των ρυτίδων; Οι αμμώδεις πυθμένες των ποταμών καλύπτονται συχνά από ρυτιδώσεις ή κυματώσεις άμμου. Ποια είναι η αιτία που τις προκαλεί και τι καθορίζει την περιοδικότητά τους; Αν τις παρατηρήσετε προσεκτικά για κάμποση ώρα, θα αντιληφθείτε ότι κινούνται αντίθετα προς το ρεύμα του ποταμού. Γιατί;

Στροβιλισμός

4.101
Τα δαχτυλίδια του καπνού

Για να περνά η ώρα τα καλοκαίρια στο χωριό, με διασκέδαζε ο παππούς μου παίζοντας με τα δαχτυλίδια του καπνού που έβγαζε από το τσιμπούκι του. Το απλούστερο από τα κόλπα αυτά ήταν να φυσά ένα δαχτυλίδι καπνού προς το μέρος του τοίχου. Το δαχτυλίδι, καθώς πλησίαζε τον τοίχο, διαστελλόταν. Το δυσκολότερο κόλπο του ήταν να φυσά ένα δαχτυλίδι καπνού και να περνά αυτό μέσα από ένα άλλο μεγαλύτερο. Όταν το δεύτερο και ταχύτερο δαχτυλίδι περνούσε από το προπορευόμενο, διαστελλόταν και μείωνε την ταχύτητά του. Αντίθετα συστελλόταν και ανέπτυσσε ταχύτητα το άλλο. Στη συνέχεια οι ρόλοι των δύο δαχτυλιδιών καπνού αντιστρέφονταν και το εκάστοτε ταχύτερο δαχτυλίδι περνούσε μέσα απ' αυτό που προπορευόταν, κ.ο.κ. (εικ. 4.101). Το παιχνίδι τελείωνε, όταν τα δαχτυλίδια καπνού είχαν διαλυθεί σημαντικά. Το ίδιο φαινόμενο θα παρατηρηθεί, αν ρίξετε δύο χρωματισμένες σταγόνες σ' ένα κύπελλο με νερό*. Χτυπώντας η μια μετά την άλλη την επιφάνεια του νερού, σχηματίζουν δυο δαχτυλίδια, τα οποία συστέλλονται και διαστέλλονται διαδοχικά, καθώς το ένα περνά μέσα από το άλλο. Πώς ακριβώς σχηματίζονται τα δαχτυλίδια καπνού και πώς καταφέρνουν και διατηρούν το σχήμα τους τόσο χρόνο; Γιατί διαστέλλεται ένα δαχτυλίδι καπνού όταν πλησιάζει σε τοίχο; Πώς εξηγείτε τέλος το παιχνίδι των δυο δαχτυλιδιών καπνού ή του χρωματισμένου νερού;

* βλέπετε και ερ. 4.72

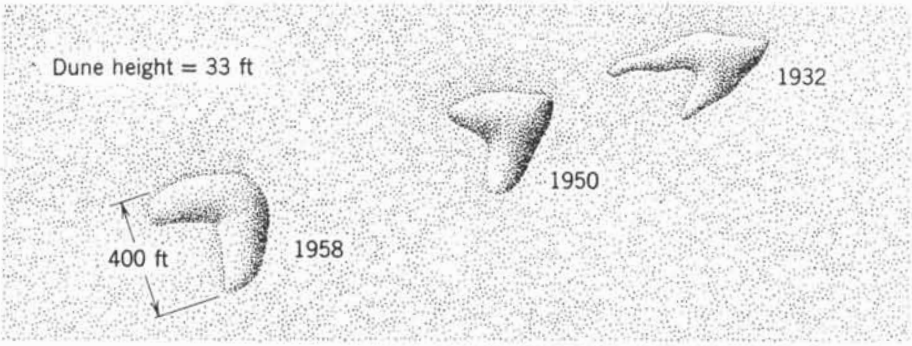


Εικόνα 4.101
Παιγνίδι με τα δαχτυλίδια του καπνού.

Δυνάμεις στα ρευστά	Ροή γύρω από εμπόδιο
Τάση ατμών	Τριβή

4.103
Σίφωνες

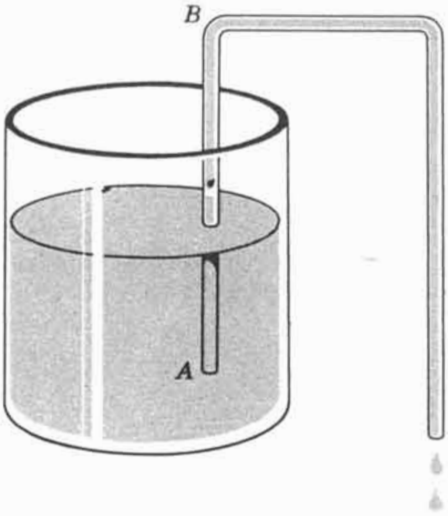
Πώς λειτουργούν οι σίφωνες; Ειδικότερα, αν εξαρτάται η λειτουργία τους από την πίεση της ατμόσφαιρας, πώς δικαιολογείται το γεγονός ότι οι σίφωνες λειτουργούν (με μερικά μόνο υγρά) και σε κενό αέρα; Μήπως η λειτουργία τους εξαρτάται από τη βαρύτητα; Όταν η άκρη του σωλήνα ενός σίφωνα βυθιστεί μέσα στο υγρό, γιατί δεν αρχίζει να λειτουργεί μόνος του ο σίφωνας; Ποιες δυνάμεις αντλούν το υγρό προς τα πάνω στο ένα σκέλος (στην εικόνα 4.103 σημειώνεται με AB) αντίθετα στη βαρύτητα; Τέλος, γιατί περιορίζεται το ύψος του σίφωνα, όταν λειτουργεί ειδικά σε κενό χώρο;



Εικόνα 4.104
Η μετατόπιση ενός αμμόλοφου κατά τη διάρκεια 26 χρόνων. (Από τους J.S. Shelton, W.H. Freeman και Co, Geology Illustrated. Copyright 1966)

4.104
Περιπλανώμενοι αμμόλοφοι

Είχα τη γνώμη ότι οι άνεμοι έχουν την τάση να διασκορπίζουν τους αμμόλοφους. Η εικόνα 4.104 αντίθετα, δείχνει μια τυπική περίπτωση που οι άνεμοι δε διασκόρπισαν αλλά μετατόπισαν έναν αμμόλοφο κατά μήκος της ερήμου. Τα κύρια χαρακτηριστικά του αμμόλοφου, όπως διακρίνετε και σεις, έχουν μείνει ίδια επί 26 χρόνια που διάρκεσε το «ταξίδι». Πώς όμως μετακινούνται οι αμμόλοφοι από τους ανέμους;



Εικόνα 4.103
Σίφωνας

Φαινόμενο σίφωνα

4.105
Οι τουαλέτες

Με ποιο μηχανισμό «αδειάζουν» οι λεκάνες στις τουαλέτες; Τι σπρώχνει το νερό προς τα κάτω και το διοχετεύει στην αποχέτευση; Μήπως η πτώση του από το μεγάλο ύψος όπου κρέμεται το καζανάκι; Γιατί οι περισσότερες λεκάνες διαθέτουν και μια δεύτερη μικρότερη τρύπα;

Η έρευνα στο παραπάνω θέμα ήταν ιδιαίτερα επίμονη και προωθήθηκε από τον Crapper. Οι προσπάθειές του είχαν φτάσει στο απόγειό τους το 1884, όταν πέτυχε ένα καταπληκτικό «άδειασμα» λεκάνης. Μέσα σ' αυτήν υπήρχαν ανακατωμένα μεταξύ τους: 10 μήλα μέσης διαμέτρου 4cm, 1 επίπεδο σφουγγάρι διαμέτρου 12cm, στόκος απ' αυτόν που χρησιμοποιούν οι υδραυλικοί, 4 κομμάτια χαρτί μισοκολλημένα στη λεκάνη και 3 πάνινες μπάλες*.

Αξιοθαύμαστο πράγματι επίτευγμα της τεχνολογίας!

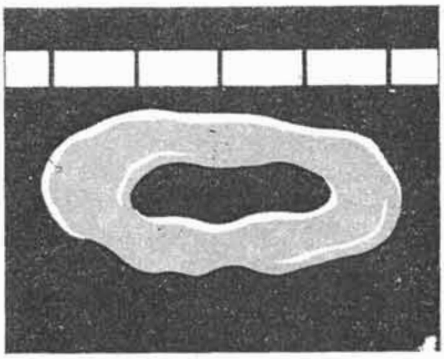
* Από το βιβλίο «Flushed with Pride: η ιστορία του Thomas Crapper» του Wallace Reyburn. Prentice Hall 69.

Αεροδυναμική των σταγόνων

4.106

Κηλίδες λαδιού στην άσφαλτο

Στους δρόμους ταχείας κυκλοφορίας οι κηλίδες λαδιού είναι δακτυλιδοειδείς. Στο κέντρο τους δηλαδή δεν έχουν λάδι (εικ. 4.106). Αντίθετα στους δρόμους με αργή κυκλοφορία οι κηλίδες, είναι κυκλικές και ολόγιομες. Γιατί σχηματίζονται οι δακτυλιδοειδής κηλίδες; Πόση πρέπει να είναι η ταχύτητα των αυτοκινήτων ώστε να σχηματιστούν τέτοιες κηλίδες;



Εικόνα 4.106
Κηλίδα λαδιού στο οδόστρωμα

Επιφανειακά υμένια

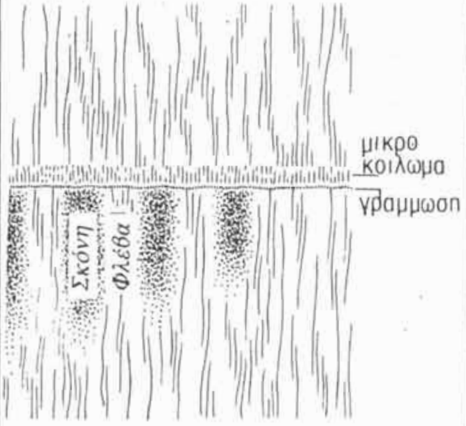
Οριακά στρώματα

4.107

Γραμμές στις επιφάνειες των λιμνών

Στις επιφάνειες των λιμνών και των ποταμών διαγράφονται σποραδικά λεπτές γραμμώσεις, σχεδόν αόρατες. Γίνονται κάπως ευδιάκριτες, όταν ρέει το νερό. Κι αυτό γιατί σχηματίζεται στην πλευρά τους ένα μικρό κοίλωμα, κάτι σαν αυλάκι (εικ. 4.107). Τι νομίζετε ότι είναι οι γραμμές αυτές και γιατί σχηματίζονται τα «αυλάκια» νερού;

Αν σκορπίσετε λεπτή σκόνη σ' ένα «αυλάκι», θα ανακαλύψετε στην αντίθετη πλευρά της γράμμωσης μια δισδιάστατη μορφή ροής που συνίσταται από δύο κάθετες σ' αυτήν φλέβες νερού (εικ. 4.107). Τι προκαλεί αυτή τη μορφή ροής;



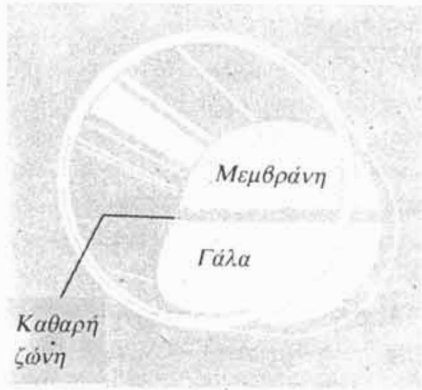
Εικόνα 4.107
Η γραμμή και το κοίλωμα στην επιφάνεια του νερού της λίμνης ή ποταμού, όπως φαίνεται από πάνω.

Επιφανειακά υμένια

4.108

Το γάλα και οι παραξενιές του

Την επόμενη φορά που θα πιείτε γάλα, παρατηρήστε την άκρη της επιφάνειας του γάλακτος, καθώς θα γέρνετε το ποτήρι. Μεταξύ του αποτυπώματος στο ποτήρι και του γάλακτος, που ακόμη δεν έχετε πιει, υπάρχει μια λεπτή καθαρή περιοχή πάχους μερικών χιλιοστών (εικ. 4.108).



Εικόνα 4.108

Γιατί σχηματίζεται αυτή η καθαρή ταινία;

Επιφανειακή τάση

Κύματα στην επιφάνεια νερού

4.109

Στο βιβλίο του Prospero' s Cell ο Lawrence Durrell περιγράφει το νυχτερινό ψάρεμα με καμάκι στις λίμνες, κοντά στους λόφους της Αλβανίας.

Όταν ψαρεύουν με καμάκι, το νερό πρέπει να είναι καθαρό και ήρεμο· και το παραμικρό αεράκι έχει ως αποτέλεσμα να είναι δυσδιάκριτο το είδωλο του ψαριού οπότε, η αστοχία είναι το μόνο σίγουρο. Οι ψαράδες της περιοχής λύνουν το πρόβλημα που δημιουργεί το αεράκι, ραντίζοντας το νερό με ελαιόλαδο. Οι σταγόνες λαδιού ηρεμούν το νερό. Γιατί;

4.110
Θαλάσσιες οργανικές ζώνες

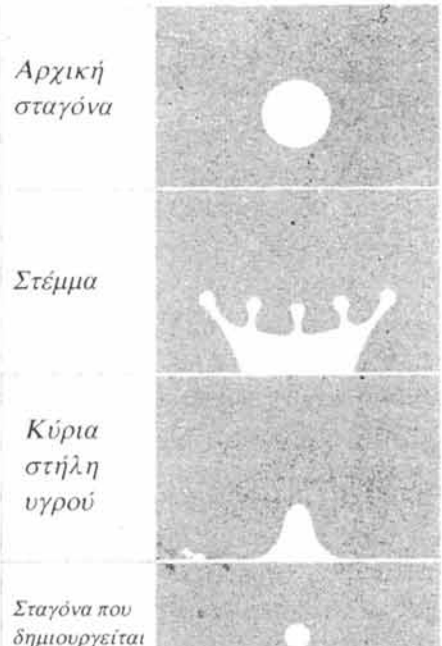
Οι βιολογικά ενεργές περιοχές των ωκεανών καλύπτονται συχνά από μακριές και λεπτές ζώνες, στις οποίες ο κυματισμός της θάλασσας περιορίζεται από μια μεμβράνη οργανικού υλικού. Όταν μάλιστα φωτίζονται κατάλληλα, παρουσιάζουν ένα υπέροχο θέαμα. Οι οργανικές ζώνες δεν εξαρτώνται, καθώς φαίνεται, από τον άνεμο, όπως οι ζώνες από φύκια της ερώτησης 4.100 διότι είναι ευκολότερα ορατές, όταν φυσά ελαφρό αεράκι παρά ισχυρός άνεμος. (Το αεράκι δεν κάνει τίποτε άλλο από το να τονίζει τη διαφορά κυματισμού της ελεύθερης θάλασσας και των οργανικών ζωνών).

Γιατί δρα με τον παραπάνω τρόπο η μεμβράνη που σχηματίζεται στις θαλασσινές ζώνες που αναφέραμε;

4.111
Πιτσιλιές από γάλα

Όταν πέφτει μια σταγόνα γάλα στην επιφάνεια κάποιου υγρού, αναδύεται ένας «κρατήρας», ο οποίος στη συνέχεια παίρνει τη μορφή στέμματος (εικ. 4.111).

Όταν κατακάθεται αυτό, εκτινάσσεται προς τα πάνω, από το κέντρο του κρατήρα μια στήλη υγρού (γνωστή ως στήλη Rayleigh), η άκρη της οποίας με τη σειρά της συσφίγγεται και εκτοξεύει ένα ή περισσότερα σταγονίδια. Γιατί τα χείλη του κρατήρα της πρώτης σταγόνας παίρνουν μορφή στέμματος και γιατί η κεντρική στήλη σχηματίζει σταγονίδια; Στην εξήγησή σας να δώσετε έμφαση κυρίως στο γεγονός της σύσφιξης της στήλης και της αποκόλλησης των μικρών σταγόνων.



Εικόνα 4.111

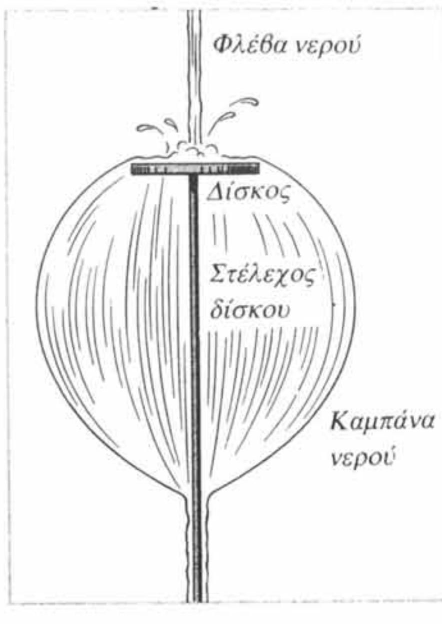
Ας υποθέσουμε τώρα ότι εκτελούμε το ίδιο πείραμα σε κάποιο χώρο του Διαστήματος, όπου δεν υπάρχει βαρυτικό πεδίο. Θα παρουσιάσει τους ίδιους σχηματισμούς το «σπάσιμο» της σταγόνας του γάλακτος; Μήπως δεν εμφανιστεί καθόλου το φαινόμενο εκεί;

Επιφανειακή τάση

Πίεση

Φυγόκεντρη δύναμη

4.112
Καμπάνες από νερό



Εικόνα 4.112

Αν μια φλέβα νερού πέσει στο κέντρο ενός δίσκου, το νερό διασκορπίζεται ομοιόμορφα σ' όλη

την επιφάνεια του δίσκου και, καθώς χύνεται απ' αυτόν, σχηματίζει μια διαφανή υδάτινη μεμβράνη. Η μεμβράνη συγκλίνει προς τον κεντρικό άξονα κάτω από το δίσκο, με αποτέλεσμα να δημιουργείται το όμορφο σχήμα μιας καμπάνας (εικ. 4.112). Ποιες δυνάμεις αναγκάζουν τη μεμβράνη του νερού να συγκλίνει προς τον κεντρικό άξονα του δίσκου και τι προσδιορίζει το ακριβές σχήμα της υδάτινης καμπάνας;

Επιφανειακή τάση

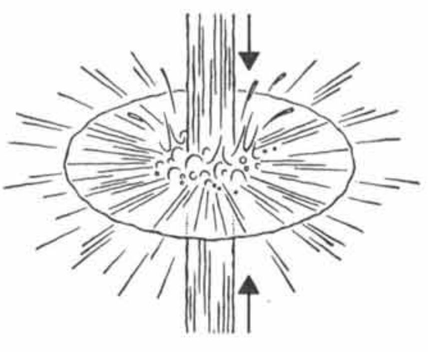
Διατήρηση της ορμής

Υδάτινα κύματα

4.113

Νερόφυλλα

Όταν εκτοξεύσετε δύο στήλες νερού, τη μια κατευθείαν πάνω στην άλλη, θα δείτε να σχηματίζονται όμορφα, λεπτά φύλλα νερού (εικ. 4.113). Γιατί σχηματίζουν οι δύο στήλες του νερού αυτά τα υδάτινα φύλλα, όταν συγκρούονται; Γιατί εκτείνονται σε μικρή απόσταση γύρω από το σημείο σύγκρουσης;



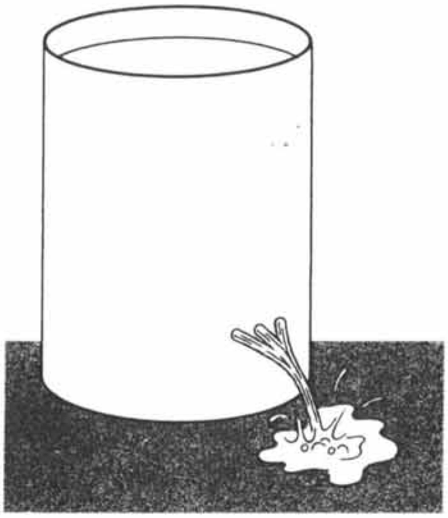
Εικόνα 4.113
(Από τον G.I. Taylor, Proc. Royal Soc., A 209,1 1960

Το σχήμα της ακμής και η ευστάθεια του υδάτινου φύλλου είναι τριών κυρίως τύπων, οι οποίοι εκτός των άλλων εξαρτώνται από την ταχύτητα ροής των δύο στηλών του νερού. Συγκεκριμένα, αν η ταχύτητα ροής είναι μικρή, το υδάτινο φύλλο είναι ιδιαίτερα ευσταθές και η ακμή του έχει κυκλικό σχήμα. Αν είναι μεγαλύτερη η ταχύτητα ροής, υπάρχουν δύο ενδεχόμενα: α) η ακμή του υδάτινου φύλλου είναι ιδιαίτερα αιχμηρή, β) δημιουργούνται πάνω του κυματισμοί. Τέλος, αν η ταχύτητα είναι ακόμη μεγαλύτερη, το υδάτινο φύλλο κυματίζει σαν ανεμοδαρμένη σημαία.

Ποια είναι η αιτία της διαφοράς ανάμεσα στους τρεις βασικούς τύπους υδάτινων φύλλων;

4.114

Συγκολλήστε φλέβες νερού



Εικόνα 4.114
Οι τρεις φλέβες νερού συγκλίνουν και συνενώνονται

Ανοίξτε μερικές τρύπες στην πλευρά ενός τενεκεδένιου δοχείου, τη μια κοντά στην άλλη και παράλληλα στον πυθμένα. Γεμίστε το δοχείο με νερό και παρατηρήστε τις φλέβες νερού που πετάγονται έξω από το δοχείο. Θα διαπιστώσετε ότι συγκλίνουν και συνενώνονται (εικ. 4.114). Γιατί συμβαίνει αυτό;

Επιφανειακή τάση

4.115

Πιπέρι και σαπούνι

Αν βουτήξετε ένα μικρό κομμάτι σαπούνι μέσα σ' ένα ποτήρι με νερό πασπαλισμένο με πιπέρι, θα διαπιστώσετε ότι θα απομακρυνθεί αμέσως το πιπέρι απ' το σαπούνι. Γιατί; Πόσο γρήγορα νομίζετε ότι κινούνται οι κόκκοι του πιπεριού;

Φαινόμενο Bernoulli

Οριακό στρώμα

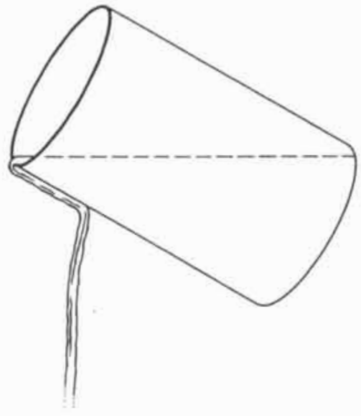
Διαφορά πίεσης

4.116

Αδειάζοντας το ποτήρι

Μου αρέσει να χύνω τη μπύρα από το ποτήρι μου, για να διαπιστώνω τη φοβερή επιμονή της: Αντί να πέφτει προς τα κάτω ελεύθερα, μόλις περάσει το χείλος του ποτηριού, (εικ. 4.116) γλιστρά και σιγοτρέχει πάνω στην πλευρά του. Ποιος παράγοντας καθορίζει σε πόση απόσταση από τα χείλη του ποτηριού θα εγκαταλείψει η μπύρα την πλευρά του; Πόσο γρήγορα πρέπει να αδειάζω το ποτήρι μου, ώστε να μην προσκολλάται η μπύρα στην πλευρά του;

Η πρώτη σας σκέψη αποδίδει μάλλον το φαινόμενο στην επιφανειακή τάση ή τη συνάφεια υγρού και ποτηριού. Μην παιδεύεστε άδικα! Οι σκέψεις αυτές δεν έχουν καμιά δουλειά με το χύσιμο της μπύρας. Πώς εξηγείται όμως το φαινόμενο;



Εικόνα 4.116
Η φλέβα του υγρού προσκολλάται στο ποτήρι.

Επιφανειακή τάση

Υμένιο ερπυσμού

4.117

Τα δάκρυα του ουίσκι

Όταν βάλετε ουίσκι σ' ένα γυάλινο ποτήρι, θα παρατηρήσετε αρχικά ότι έρπει μια μεμβράνη υγρού προς τα πάνω, στην εσωτερική επιφάνεια του ποτηριού. Στη συνέχεια θα δείτε να σχηματίζει «δάκρυα» πάνω στο ποτήρι. Ποια είναι η αιτία της αναρρίχησης του υγρού σε τόσο εντυπωσιακό ύψος;

4.118

Αυτοκίνητα - υδροπλάνα

Αν μπλοκάρετε τα φρένα του αυτοκινήτου σας, ενώ τρέχετε με μεγάλη ταχύτητα σε βρεγμένο δρόμο, θα διαπιστώσετε ότι το αυτοκίνητο συμπεριφέρεται σαν υδροπλάνο! Τα λάστιχά του γλιστρούν πάνω σε μια λεπτή μεμβράνη νερού και στην ουσία δεν έχουν επαφή με το έδαφος. Γιατί γίνεται αυτό και γιατί δε συμβαίνει το ίδιο πάντα σε υγρούς δρόμους ακόμη και όταν δεν πατάτε φρένο; Υπάρχει κάποιος σχεδιασμός του πέλματος του ελαστικού, κατάλληλος να ελαχιστοποιεί το φαινόμενο αυτό;

Επιφανειακή τάση

4.119

Οι σταγόνες του νερού κάνουν σκι

Συχνά διακρίνονται σταγόνες νερού να γλιστρούν πάνω στην επιφάνεια κάποιας ποσότητας νερού και ως εκ θαύματος να μη βυθίζονται σ' αυτό.

Ποια είναι η αιτία που καθυστερεί το βύθισμα των σταγόνων αυτών;

Μη Νευτώνια υγρά (4.120 έως 4.131)

4.120

Η σούπα κάνει όπισθεν

Όταν ποτέ μαγειρέψετε ντοματόσουπα, πάρτε ένα κουτάλι και ανακατέψτε την καλά, περιστρέφοντας το κουτάλι μέσα στην κατσαρόλα με την ίδια πάντα φορά. Στη συνέχεια, αφού αφαιρέσετε το κουτάλι, αφήστε τη σούπα να ηρεμήσει. Ο στροβιλισμός της σούπας κατά τα αναμενόμενα σταματά σε λίγο χρόνο· λίγα δευτερόλεπτα όμως προτού σταματήσει, αποκτά αντίθετη φορά. Τι αναγκάζει τη σούπα να αλλάξει τη φορά της περιστροφής της;

Ελαστικά ρευστά

4.121

Το πηδηχτό υγρό



Εικόνα 4.121
(Από A. Kaye. Nature. 197. 1001. 1963)

Μερικά σαμπουάν (και μερικά άλλα ρευστά) εμφανίζουν μια έντονη τάση αναπήδησης, όταν τα χύνουμε σ' ένα δοχείο, μισογεμάτο με όμοια ρευστά. Αν η φλέβα του υγρού που χύνεται, είναι αρκετά λεπτή, το ρευστό σχηματίζει ένα λοφίσκο στο σημείο που συναντά την ελεύθερη επιφάνεια και η στήλη του υγρού αναπηδά (εικ. 4.121). Την ώρα της αναπήδησης ο λοφίσκος χάνεται και επανεμφανίζεται λίγο πριν αναπηδήσει εκ νέου η στήλη του υγρού.

Ποια είναι η αιτία του σχηματισμού του λοφίσκου και ποια της αναπήδησης της φλέβας; Ποια είναι η χαρακτηριστική ιδιότητα των υγρών που συμπεριφέρονται με τον τρόπο που περιγράψαμε;

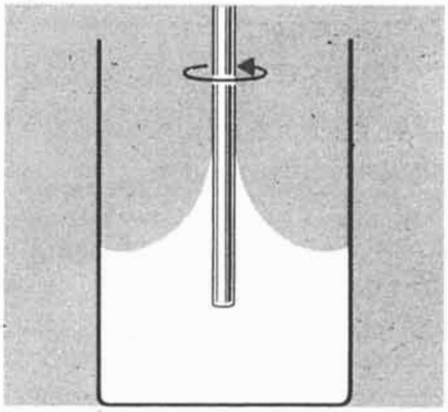
Φαινόμενο Weissenberg

Ιξώδες - Τάσεις

4.122
Το ασπράδι του αυγού κάνει ορειβασία

Αν τοποθετηθεί ένα ποτήρι με νερό στο κέντρο του πλατώ ενός πικάπ που βρίσκεται σε λειτουργία, η επιφάνεια του νερού καμπυλώνεται και το νερό «σκαρφαλώνει» στα τοιχώματα του ποτηριού λόγω της φυγόκεντρης δύναμης. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται, όταν μένει ακίνητο το ποτήρι και περιστρέφεται μια ράβδος (π.χ. κουτάλι) μέσα στο νερό και γύρω από τον κεντρικό κατακόρυφο άξονα του ποτηριού.

Κι όμως, δεν παρουσιάζουν όλα τα υγρά την ίδια συμπεριφορά στην περίπτωση που αναφέραμε. Το ασπράδι του αυγού, για παράδειγμα, καμπυλώνει την επιφάνειά του, όπως το νερό, όταν περιστρέφεται στο πλατώ. Αντίθετα, όταν περιστρέφεται μέσα του η ράβδος, αντί αυτό να «σκαρφαλώνει» στα τοιχώματα του ποτηριού, «αναρριχάται» πάνω στη ράβδο (εικ. 4.122). Το διάλυμα της ζελατίνας (σε βραστό νερό) παρουσιάζει φυσιολογική συμπεριφορά (δηλαδή ίδια μ' αυτήν του νερού που προαναφέραμε). Αντίθετα όσο κρυώνει σιγά - σιγά εμφανίζει την παράξενη τάση να αναρριχάται στην περιστρεφόμενη ράβδο. Επειδή είναι αδύνατο να μην υπάρχει φυγόκεντρη δύναμη — αφού υπάρχει περιστροφή — μία άλλη δύναμη, ισχυρότερη απ' αυτήν πρέπει να εκβιάζει το υγρό στην παράξενη αναρρίχησή του πάνω στη ράβδο. Ποια είναι η δύναμη αυτή;



Εικόνα 4.122
Το ασπράδι του αυγού αναρριχάται στη ράβδο.

Κολλώδης ροή

4.123
Σπείραμα από ρευστό

Όταν χύνουμε αργά σ' ένα πιάτο, παχύρρευστο λάδι ή μέλι ή σιρόπι σοκολάτας, η φλέβα του ρευστού περιελίσσεται, λίγο ψηλότερα από την επιφάνεια του πιάτου, και σχηματίζει σπείρες, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.123. Γιατί συμβαίνει αυτό; Τι καθορίζει τη διάμετρο, το ύψος και το ρυθμό σχηματισμού κάθε σπείρας;



Εικόνα 4.123
(Από G. Barnes και R. Woodcock, Amer. J. Phys. 26,205, 1958)

Ιξώδες

Διατμητικές δυνάμεις

4.124
Θιξοτροπική μαργαρίνη

Πολλά και διάφορα υγρά καθημερινής οικιακής χρήσης θα μας ήταν άχρηστα, αν δεν ήταν θιξοτροπικά. Το ιξώδες τους με άλλα λόγια, μειώνεται, όταν δέχονται διατμητικές δυνάμεις. Η μαργαρίνη για παράδειγμα, δε θα αλειφόταν καλά πάνω στο ψωμί — σε θερμοκρασία δωματίου — αν δε μειωνόταν το ιξώδες της, όταν την απλώνουμε με το μαχαί-

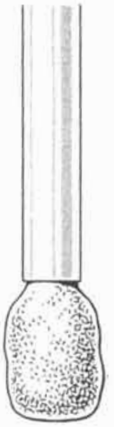
ρι. Η θιξοτροπία είναι ιδιαίτερα σημαντική στο βάψιμο, όταν περνάμε κάποιο αντικείμενο «ένα χέρι». Το χρώμα πρέπει να είναι αρκετά πυκνόρρευστο, για να διαμορφώσει λείο και χωρίς «νερά» επίστρωμα. Έτσι το ιξώδες πρέπει να είναι μικρό, όταν το «χρώμα» απλώνεται (π.χ. με το πινέλο) και να αυξάνει γρήγορα μετά απ' αυτό, ώστε να αποφεύγονται τα «νερά». Στα σπίτια μας έχουμε πολλά άλλα θιξοτροπικά ρευστά: δειγματοληπτικά ας αναφέρουμε τη σάλτσα κέτσαπ, τα διάφορα ζελέ, τη μαγιονέζα, τη μουστάρδα, το μέλι, την κρέμα ξυρίσματος κ.λ.π. Ποιες δομικές μεταβολές προκαλούν οι διατμητικές δυνάμεις με συνέπεια να προκαλείται η μείωση του ιξώδους;

Διαστολή

Τάσεις

4.125
Το Silly - Putty

Θα περιμένατε να μεταβάλλει τον όγκο του ένα υγρό, καθώς ξεπροβάλλει από το στόμιο του σωληναρίου μετά από πίεση που άσκησαν τα δάχτυλά μας σ' αυτό; Στα περισσότερα υγρά η διάμετρος της εξερχόμενης φλέβας είναι ίδια με τη διάμετρο του στόμιου του σωληναρίου. Εξαίρεση, αποτελεί το Silly Putty, ένα σωληνάριο σιλικόνης, που πουλιέται στα καταστήματα παιχνιδιών. Αν το πιέσετε, εκφεύγει από το στόμιό του ποσότητα σιλικόνης που, όσο γρηγορότερα την αναγκάζουμε να εξέλθει, τόσο περισσότερο «φουσκώνει». (εικ. 4.125). Το φαινόμενο της εξόγκωσης αυτής είναι προφανές ότι οφείλεται σε κάποια χαρακτηριστική ιδιότητα του ρευστού· ποια είναι, η αιτία της; Ποια άλλα ρευστά συμπεριφέρονται όπως η σιλικόνη, και γιατί δεν συμπεριφέρονται όλα τα υγρά με τον ίδιο τρόπο;



Εικόνα 4.125
Silly - Putty.

4.126
Η ρητίνη που πηδά

Η σιλικόνη παρουσιάζει μερικές ακόμη ασυμβίβαστες φαινομενικά ιδιότητες. Αν τη χτυπήσετε μ' ένα σφυρί θα θρυμματιστεί. Αν κάνετε μια μπάλα κατασκευασμένη από σιλικόνη να αναπηδήσει, θα επιτύχει επιδόσεις που θα τις ζήλευε και μια μπάλα από καουτσούκ. Αν την αφήσετε για λίγη ώρα ακίνητη πάνω σε επίπεδη επιφάνεια, θα τη δείτε σταδιακά να πλαταίνει.

Φαινομενικά συμπεριφέρεται σαν ρευστό. Η ιδιότητα όμως αυτή απαιτεί κάποιο χρόνο αντίδρασης σε εξωτερικές δυνάμεις. Γι' αυτό θρυμματίζεται, αν τη χτυπήσουμε γρήγορα και αναπηδά με μεγάλη ελαστικότητα, αν τη χτυπήσουμε λίγο πιο αργά. Οι βαρυτικές δυνάμεις δρώντας για λίγο χρόνο, την αναγκάζουν να ρέει. Τι είναι, λοιπόν, αυτό στη δομή της ρητίνης, που καθορίζει το χρόνο απόκρισής της;

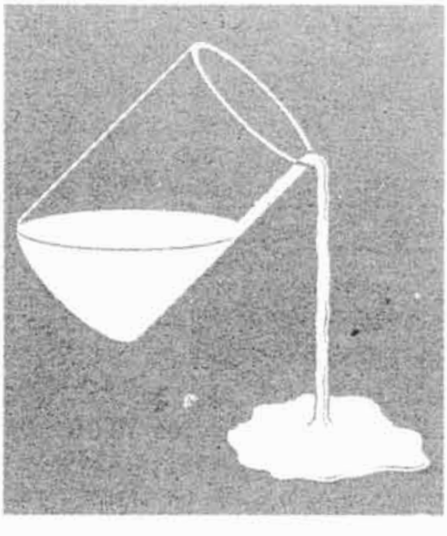
Φαινόμενο σιφωνίου

Ελαστικότητα

4.127
Αναρρίχηση των υγρών

Μερικά υγρά, όπως το πολυαιθυλένιο μέσα σε νερό, μπορούν να αναρριχώνται μόνα τους στα τοιχώματα του δοχείου που τα περιέχει (εικ. 4.127). Η δική μας βοήθεια είναι απαραίτητη στην εκκίνηση της ροής, οπότε και πρέπει να γύρουμε για μια μόνο στιγμή το δοχείο, ώστε να αρχίσει να χύνεται το υγρό.

Ποιος συντελεί στην αναρρίχηση του υγρού και τι εξασφαλίζει τη συνεχή ροή του;



Εικόνα 4.127
Το υγρό αναρριχάται μόνο του στα τοιχώματα του ποτηριού.

Υδροστατική πίεση

Ιξώδες

4.128

Η κινούμενη άμμος

Όταν διαπιστώσετε ότι βουλιάζετε σε κινούμενη άμμο, το καλύτερο που έχετε να κάνετε, είναι να ξαπλώσετε ανάσκελα. Γιατί; (Ελευθερώνετε έτσι τα πόδια σας και μπορείτε περιστρέφοντας το σώμα σας, να φτάσετε στην ακτή). Αν πρέπει να ανασύρετε από την κινούμενη άμμο κάποιον παγιδευμένο φίλο σας, κάποιο ζώο ή ακόμα τον ίδιο τον εαυτό σας, γιατί πρέπει να ενεργήσετε με αργό ρυθμό; Μήπως αλλάζει το ιξώδες της άμμου, όταν τους τραβάτε γρηγορότερα; Αν ναι, γιατί;

Γιατί έχουν «πεταχτεί» έξω τα μάτια των ανθρώπων και των ζώων που 'χουν βουλιάξει βαθιά στην κινούμενη άμμο;

Ροή ρευστών

Διάχυση

4.129

Επαναδιαχωρισμός ενός διαλύματος βαφής

Αν διαλύσετε μια σταγόνα χρωματισμένου υγρού σ' ένα διαφανές υγρό, υπάρχει τρόπος να τα διαχωρίσετε μετά την ανάμιξή τους; Χρησιμοποιήστε δύο ομοαξονικά κυλινδρικά δοχεία που να έχουν μικρή διαφορά στη διάμετρό τους. Τοποθετήστε το ένα μέσα στ' άλλο και ρίξτε στο κενό που υπάρχει ανάμεσά τους, λίγη



Εικόνα 4.129
Οι δυο κύλινδροι οι οποίοι διαχωρίζουν ένα διάλυμα βαφής στα συστατικά του.

γλυκερίνη. Προσθέστε κατόπιν σιγά - σιγά μερικές σταγόνες χρωστικής ουσίας. Περιστρέφοντας το εσωτερικό δοχείο, ας πούμε δέκα φορές, αναμειγνύετε καλά τα δύο υγρά. Όμως, αν περιστρέψετε το εσωτερικό δοχείο δέκα φορές αντίθετα απ' ό,τι προηγούμενα, τότε η χρωστική συγκεντρώνεται πάλι με την αρχική της μορφή στην αρχική της περίπου θέση. Γιατί;

Αν υπάρξει καθυστέρηση, τη στιγμή που επιχειρείτε την αντίθετη περιστροφή, δε θα γίνει ο διαχωρισμός των δύο υγρών. Γιατί;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5



"στο σύμπλεγμα
με τους παραμορφω-
τικούς καθρέφτες
όλα έμοιαζαν παρά-
ξενα, τερατώδη,
υπερφυσικά, παράλογα..."

* Από το «Λάθος» του Αντώνη Σαμαράκη (εκδ. Γ.Κ. Ελευθερουδάκης)

Γεωμετρική Οπτική (5.1 έως 5.47)

Ανάκλαση

Διάθλαση

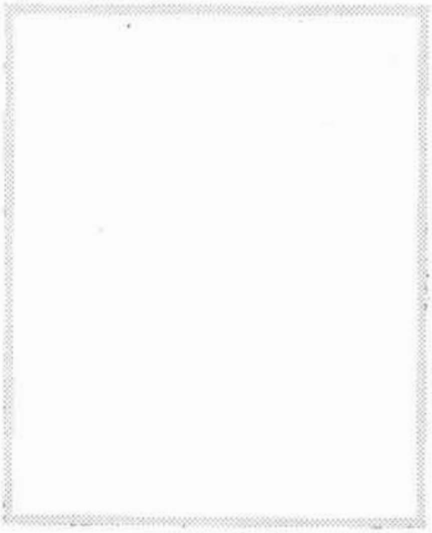
Διασκεδασμός

5.1
Μάσκες θαλάσσης

Γιατί βλέπετε πολύ καλύτερα κάτω από την επιφάνεια του νερού, αν φοράτε μάσκα;

Ένα ψάρι της Κεντρικής Αμερικής ο Ανάβλεψ (Anableps), κολυμπά λίγο κάτω από την επιφάνεια του νερού, από την οποία προεξέχουν μόνο τα μεγάλα εξογκωμένα μάτια του. Έτσι ο βολβός κάθε ματιού είναι μισός μέσα και μισός έξω από το νερό. Πώς μπορεί αυτό το ψάρι να βλέπει το ίδιο καλά μέσα και έξω από το νερό σε αντίθεση με τον άνθρωπο, που του είναι απαραίτητη η μάσκα;

5.2
Ο αόρατος άνθρωπος



Εικόνα 5.2
Ο αόρατος άνθρωπος.

Ο άνθρωπος που περιγράφει ο H. G. Wells στο πασίγνωστο μυθιστόρημά του, έγινε αόρατος, διότι άλλαξε την τιμή του δείκτη διαθλάσεως του σώματός του, δίνοντάς του μια κατάλληλα διαλεγμένη τιμή. (εικ. 5.2). Ποια πιστεύετε ότι ήταν αυτή η τιμή, που καθιστούσε τον άνθρωπο αόρατο; Είναι δυνατό ένας αόρατος άνθρωπος μ' αυτή τη συγκεκριμένη τιμή του δείκτη διαθλάσεως να βλέπει τα πάντα;

5.3
Παιχνίδια στη μπανιέρα

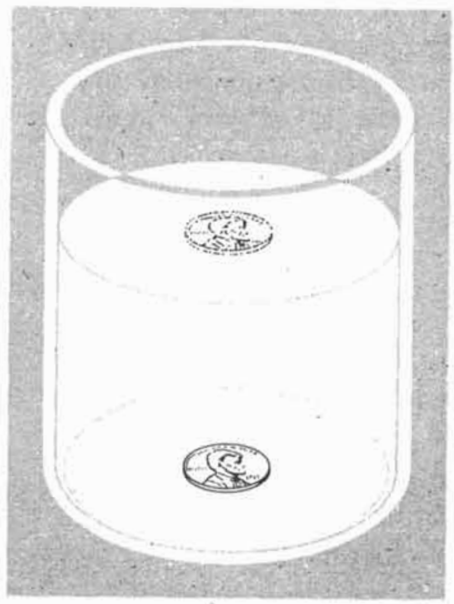
Εάν σας φαίνεται χαμένος ο χρόνος που περνάτε στην μπανιέρα, εφόσον είσαστε άνθρωπος δραστήριος και ανήσυχος, ασχοληθείτε εκεί με κάτι που θα γεμίσει την ώρα σας. Πάρτε λοιπόν ένα μολύβι και παρατηρήστε τη σκιά του στον πυθμένα της μπανιέρας. Εάν βυθίσετε το μισό μολύβι μέσα στο νερό, θα διαπιστώσετε ότι η σκιά του δεν πολυμοιάζει με μολύβι αλλά μάλλον με δύο ξυλαράκια, που έχουν στρογγυλεμένες τις άκρες τους (εικ. 5.3) και που ανάμεσά τους υπάρχει ένας φωτεινός χώρος. Γιατί υπάρχει αυτό το φωτεινό διάστημα και τι καθορίζει το πλάτος του;



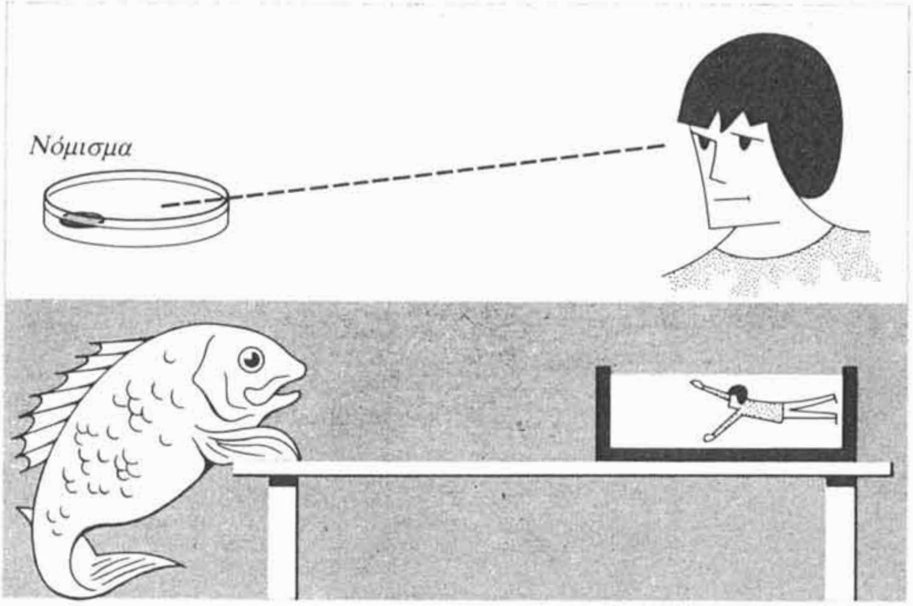
Εικόνα 5.3
(Από τον C. Adler, Am. J Phys, 35, 774. 1967)

5.4
Ένα νόμισμα καθρεφτίζεται στο νερό.

Τοποθετήστε ένα νόμισμα στον πυθμένα ενός γυάλινου ποτηριού, γεμάτου νερό και κοιτάξετε μέσα στο νερό, πάνω από την επιφάνειά του, αφού εντοπίσετε πρώτα την κατάλληλη οπτική γωνία με την οποία θα πειραματισθείτε. Θα διακρίνετε τότε το είδωλο του νομίσματος πάνω στην επιφάνεια του νερού. (εικ. 5.4). Αν βάλετε το χέρι σας στην αντίθετη από σας πλευρά του ποτηριού, θα συνεχίσετε να βλέπετε το είδωλο του νομίσματος, εκτός αν το χέρι σας είναι βρεγμένο, οπότε το είδωλο θα εξαφανιστεί. Γιατί;



Εικόνα 5.4
Το είδωλο του νομίσματος



Εικόνα 5.5

5.5
Η απόσταση, που σας χωρίζει από ένα ψάρι.

Αν παρατηρήσετε ένα ψάρι, που βρίσκεται βέβαια μέσα στο νερό, ενώ εσείς είσαστε έξω απ' αυτό, θα δημιουργήσετε την εντύπωση ότι κολυμπά σε μεγαλύτερο βάθος από το πραγματικό. Η οριζόντια φαινόμενη απόσταση του ψαριού μεταβάλλεται; Η οριζόντια παραμόρφωση επηρεάζεται, αν χρησιμοποιείτε το ένα ή και τα δυο μάτια σας;

Πειραματισθείτε, βάζοντας ένα οποιοδήποτε αντικείμενο μέσα σ' ένα πιάτο, γεμάτο νερό. Στη συνέχεια παρατηρήστε από κάποια απόσταση το αντικείμενο, έχοντας τα μάτια σας στο ίδιο περίπου επίπεδο με την επιφάνεια του νερού (εικ. 5.5). Υπολογίστε την απόσταση, έχοντας αρχικά το κεφάλι σας στη φυσιολογική του θέση και στρίβοντάς το έπειτα αριστερά η δεξιά κατά 90° Αν ο υπολογισμός της απόστασης εξαρτάται από τη στάση του κεφαλιού σας, τότε εξηγήστε γιατί συμβαίνει αυτό.

5.6
Φαντάσματα στο διπλό τζάμι του παραθύρου

Το είδωλο που σχηματίζεται πάνω στο διπλό τζάμι ενός παραθύρου, είναι διπλό, αν το αντικείμενο του οποίου βλέπουμε το είδωλο, βρίσκεται μακριά από το παράθυρο. Γιατί;

Το φαινόμενο αυτό σε ορισμένες κρίσιμες περιπτώσεις, όπως αυτές που αντιμετωπίζονται στους πύργους ελέγχου της εναέριας κυκλοφορίας στα αεροδρόμια, δεν είναι απλά ενοχλητικό αλλά και επικίνδυνο. Μπορείτε, έχοντας ως παράδειγμα ένα απτό γεγονός, να υπολογίσετε τη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του πραγματικού ειδώλου και του «φαντάσματός» του; Μεταβάλλεται αυτή η γωνία σε συνάρτηση με την ώρα της ημέρας και τις μετεωρολογικές συνθήκες και πώς;

5.7
Από τη θάλασσα ξεφυτρώνουν βουνά

Σε μερικές περιοχές της γης, όταν τελειώνει η μέρα και αρχίζει να βραδιάζει, διακρίνονται στο βάθος του ορίζοντα βουνά που αναδύονται μέσα από τον ωκεανό. Τα βουνά αυτά είναι υπαρκτά αλλά βρίσκονται τόσο μακριά, ώστε κάτω από φυσιολογικές συνθήκες δεν είναι ορατά. Αρχικά, νωρίς το απόγευμα βλέπουμε να σχηματίζεται ένας σκούρος λεκές πάνω από τον ορίζοντα. Έπειτα, όσο περνά η ώρα, ο λεκές μεγαλώνει και την ώρα που δύει ο ήλιος, παρουσιάζονται καθαρά τα διαγράμματα των βουνών. Μπορεί μάλιστα κανείς να ξεχωρίσει και κάποιες συγκεκριμένες κορφές. Πώς δημιουργείται αυτού του είδους ο αντικατοπτρισμός;

5.8
Η Fata Morgana

«Πουθ' έρχεσαι; Απ' τη Βαβυλώνα
Που πας; Στο μάτι του κυκλώνα.
Ποιον αγαπάς; Κάποια τσιγγάνα
Πώς τη λένε; Φάτα Μοργκάνα»*

Η Fata Morgana είναι ο πιο όμορφος απ' όλους τους αντικατοπτρισμούς. Σε μερικές περιοχές εμφανίζεται σπάνια. Στο κανάλι που χωρίζει την Ιταλία από

τη Σικελία, είναι καθημερινό φαινόμενο. Όταν ένα στρώμα κρύου αέρα καλύπτει το νερό, που είναι πιο ζεστό, τότε εμφανίζονται ως εκ θαύματος μαγικοί πύργοι πάνω από τη θάλασσα που συνεχώς αλλάζουν σχήμα, μεγαλώνουν και τέλος καταρρέουν. Σύμφωνα με το μύθο, οι πύργοι αυτοί ήταν το παλάτι της νεράιδας Morgana.

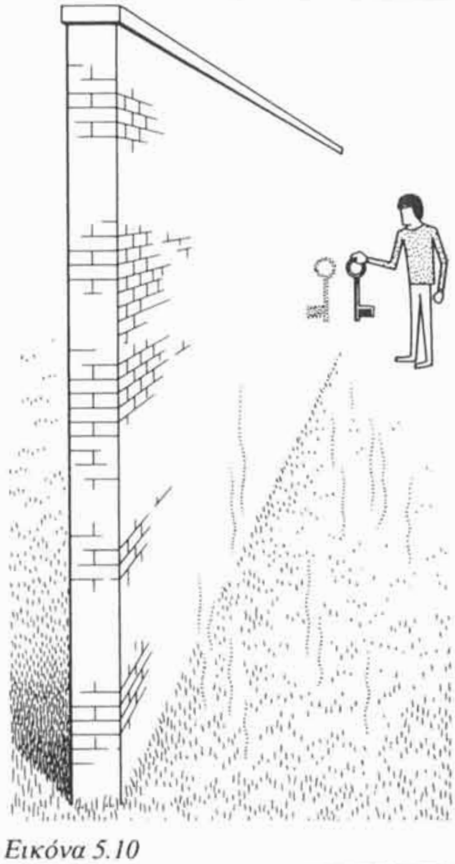
Ο αντικατοπτρισμός, που περιγράψαμε, είναι πολύ δύσκολο να ερμηνευτεί επειδή συμβάλλουν πολλά φαινόμενα στην εμφάνισή του. Μπορείτε να αναλύσετε αυτά τα φαινόμενα;

***Σ.τ.Μ: «Fata Morgana» απ' τη συλλογή «Τραβέρσο» (Εκδ. Κέδρος)**

5.10

Αντικατοπτρισμός σε τοίχο

Μπορούμε να δημιουργήσουμε αντικατοπτρισμό σ' ένα μακρύ τοίχο (μήκους 10 μέτρων το πολύ) που φωτίζεται, κατευθείαν από τον ήλιο. Βάλτε το χέρι σας κόντρα στον ήλιο και παρατηρήστε ένα λαμπερό μεταλλικό αντικείμενο, που κρατά κάποιος άλλος κοντά στο άκρο του τοίχου που βρίσκεται απέναντί σας (εικ. 5.10). Εάν το αντικείμενο βρίσκεται σε απόσταση λίγων εκατοστών από τον τοίχο, θα σας φανεί παραμορφωμένο και θα δείτε το είδωλό του ανεστραμμένο, λες και είναι ο τοίχος καθρέφτης. Όταν ο καιρός είναι πολύ ζεστός, μπορεί να δείτε ένα δεύτερο είδωλο. Γιατί εμφανίζεται το είδωλο του αντικειμένου στον τοίχο;



Εικόνα 5.10

5.9

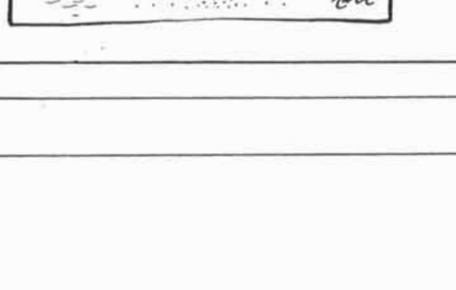
Οι αντικατοπτρισμοί των οάσεων

Ποια είναι η προέλευση του αντικατοπτρισμού, που παρατηρείται πολύ συχνά σε θερμασμένους δρόμους; Τι είναι αυτό που σας πείθει ότι ο δρόμος είναι βρεγμένος; Γιατί εμφανίζονται φοίνικες γύρω από τους αντικατοπτρισμούς των οάσεων (ακόμη και σε περιοχές όπου είναι αδύνατο να φυτρώσουν); Μην ξεχνάτε ότι η ύπαρξη φοινίκων στην έρημο προμηνύει και ύπαρξη νερού για το διψασμένο ταξιδιώτη. (εικ. 5.9).

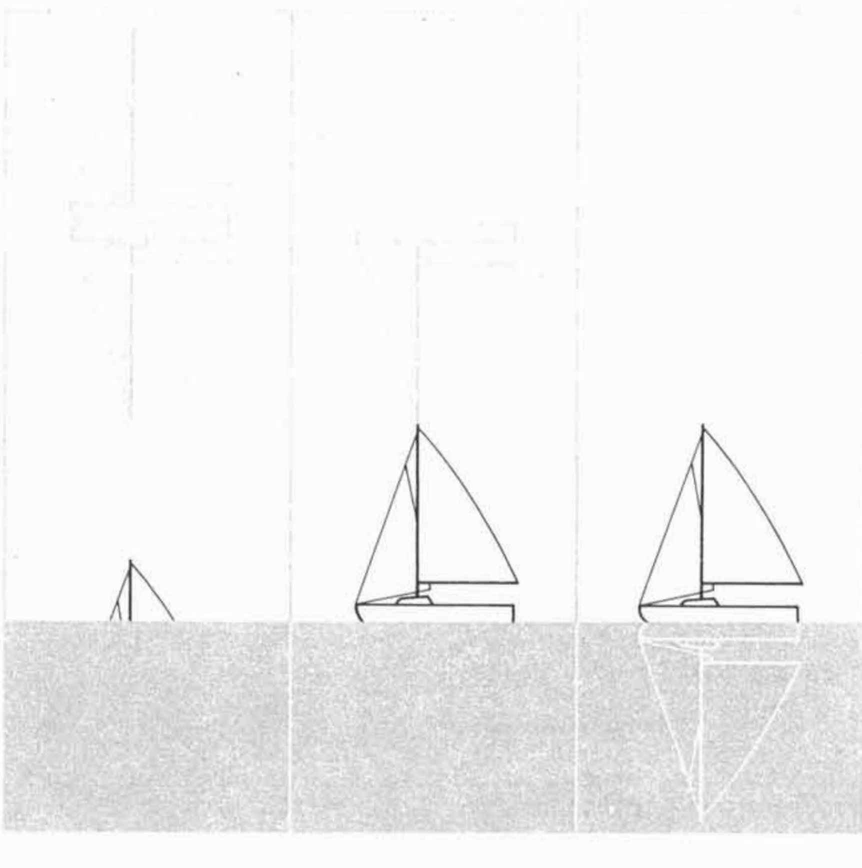
Ένα παρόμοιο φαινόμενο αποτέλεσε την αιτία του θανάτου ενός πελεκάνου, που βρέθηκε νεκρός πάνω στη ζεστή άσφαλτο σε κάποιο δρόμο της Αμερικής. «Το δύστυχο πουλί πέταγε προφανώς για πολλές ώρες, διασχίζοντας τους κατάξερους σιτοβολώνες· ξαφνικά εντόπισε αυτό που νόμισε πως ήταν ένα μακρύ μαύρο ποτάμι, στενό βέβαια αλλά γεμάτο νερό, μέσα στην πεδιάδα. Βούτηξε για να κάνει ένα δροσιστικό μπάνιο και σκοτώθηκε». Το πουλί είδε πράγματι έναν αντικατοπτρισμό;







Εικόνα 5.9
(Με την άδεια του John Hart. Field Enterprises)



Εικόνα 5.11

5.11

Μαγικά χάρτινα καραβάκια

Ένας διαφορετικός τύπος αντικατοπτρισμού, ο «ανώτερος αντικατοπτρισμός», παρέχει ένα ή περισσότερα είδωλα, κάποιου αντικειμένου, όπως αυτά που φαίνονται στην εικόνα 5.11. Πώς παράγονται αυτά τα είδωλα;

5.12

Μονόδρομοι καθρέφτες

Οι καθρέφτες μονής κατεύθυνσης χρησιμοποιούνται συχνά στα κατασκοπευτικά φιλμς. Αλλά είναι πράγματι μονής κατεύθυνσης ή μήπως όχι;

Δοκιμάστε να κατασκευάσετε έναν καθρέφτη ο οποίος θα έχει τέτοια επικάλυψη, που θα υποχρεώνει το φως να τον διαπερνά κατά την μια κατεύθυνση και όχι κατά την αντίθετη. Εάν είναι αδύνατο να κάνετε κάτι τέτοιο, τότε πώς υπάρχουν οι καθρέφτες μονής κατεύθυνσης;

5.13

Το ντροπαλό φεγγάρι

Γιατί το φεγγάρι γίνεται κόκκινο, όταν συμβαίνει έκλειψη Σελήνης, όταν δηλαδή το φεγγάρι μπαίνει στη σκιά της γης;

5.14

Αντικατοπτρισμοί φαντασμάτων

Υπάρχουν πολυάριθμες ιστορίες για παράξενους αντικατοπτρισμούς. Μπορείτε να διαλευκάνετε την παρακάτω; «Ένα ζεστό Αυγουστιάτικο απόγευμα μια κοπέλα μάζευε λουλούδια σ' έναν αγρό, σκεπασμένο με δροσιά, όταν ξαφνικά είδε μια ανθρώπινη μορφή, που απείχε απ' αυτήν μερικά μέτρα. Η μορφή αυτή στεκόταν σε μέρος υγρό, από το οποίο αναδυόταν ομίχλη (ίσως ήταν και υδρατμοί) και κυμάτιζε αδιάκοπα. Σύμφωνα, μάλιστα, με τη μαρτυρία της κοπέλας ήταν αρκετά σωματώδης. Βρισκόταν στο ίδιο επίπεδο με την κοπέλα και σχημάτιζε ένα τρίγωνο μ' αυτήν και τον ήλιο. Κοίταζε κιόλας προς τον ήλιο αλλά όχι κατευθείαν πάνω του. Στην αρχή νόμισε πως επρόκειτο για οφθαλμαπάτη. Κι ενώ η παράξενη μορφή βρισκόταν απέναντί της, γρήγορα ανακάλυψε πως ήταν το δικό της είδωλο, το οποίο κρατούσε, όπως και η ίδια, ένα μπουκέτο λουλούδια. Κούνησε το χέρι που κρατούσε το μπουκέτο, και είδε πως η μορφή έκανε την ίδια κίνηση. Το φόρεμα και τα λουλούδια ήταν απολύτως ίδια με τα δικά της, ενώ τα χρώματα ήταν εξίσου ζωηρά με τα φυσικά. Μπορούσε να διακρίνει τις διάφορες αποχρώσεις, ακόμα και αυτές της επιδερμίδας της. Για μια στιγμή νόμισε ότι κοιταζόταν μέσα σ' έναν καθρέφτη.»

Η συνέχεια δε χρειάζεται μεγάλη φαντασία· το κορίτσι έχασε γρήγορα την ψυχραιμία του και έτρεξε όπως - όπως να εξαφανιστεί από το χωράφι. Όταν συνάντησε τους φίλους της, διαπίστωσε ότι είχαν δει και αυτοί κάποτε τη δική τους σιλουέτα.

5.15
Είδωλα από δυο καθρέφτες

Πόσα είδωλα του εαυτού σας βλέπετε, όταν βρίσκεστε απέναντι από δύο συνεχόμενους καθρέφτες, όπως είναι αυτοί των καταστημάτων που πουλάνε ρούχα (εικ. 5.15); Ποια είναι η εξάρτηση του αριθμού των ειδώλων από τη γωνία, που σχηματίζουν οι δύο καθρέφτες; Η θέση που βρίσκεστε, έχει σημασία; Αν αυτό είναι σωστό, πού πρέπει να σταθείτε, σε σχέση με τους καθρέφτες, για να δείτε το μεγαλύτερο αριθμό ειδώλων; Οι απαντήσεις σας σχετικά με τον αριθμό των ειδώλων θα είναι ίδιες και για κάποιο αντικείμενο, που είναι τοποθετημένο δίπλα σας;



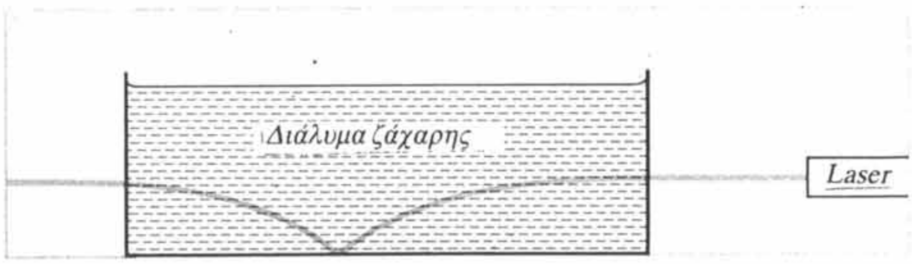
Εικόνα 5.15
Πόσα είδωλα του εαυτού σας βλέπετε;

5.16
Η πράσινη αναλαμπή

Τη στιγμή ακριβώς που ο ήλιος δύει και εξαφανίζεται πίσω από τον επίπεδο και καθαρό ορίζοντα, βλέπουμε μερικές φορές μια πράσινη αναλαμπή κοντά στον ήλιο που κρατά περίπου 10 δευτερόλεπτα. Γιατί; Πρόκειται για οφθαλμαπάτη; Αυτό πιστεύαμε για πολύν καιρό, μέχρις ότου πάρθηκαν φωτογραφίες. Σε βορειότερα πλάτη η αναλαμπή αυτή διαρκεί, περισσότερο χρόνο. Λέγεται πως τα μέλη της αποστολής Byrd στο Νότιο Πόλο την παρατηρούσαν για 35 λεπτά, ενώ ο ήλιος ανέτελλε μετά τη μεγάλη πολική νύχτα και ενώ κινιόταν σχεδόν πάνω στη γραμμή του ορίζοντα.

Οι καθαροί ορίζοντες, όπως αυτοί του Ειρηνικού Ωκεανού, δημιουργούν τις καλύτερες συνθήκες παρατήρησης.

Ο αντιναύαρχος Kindell είπε πως και ο ίδιος, και άλλα μέλη του αμερικανικού πολεμικού ναυτικού, παρατηρούσαν αναλαμπές, έντονες και λαμπερές, σε κάθε σχεδόν δύση του ηλίου, όταν ο καιρός ήταν καλός, κατά τη διάρκεια της μάχης της Okinawa το 1945. Ένα ανάλογο φαινόμενο, αν και πολύ σπάνιο, είναι η κόκκινη αναλαμπή που ξεσπά, όταν ο ήλιος αναδύεται μέσα από κάποιο σύννεφο.



Εικόνα 5.17
(Από τον W.M Strouse, Amer. J. Phys, 40, 913, 1972)

5.17
Πώς να κάμψετε μια ακτίνα laser

Όταν διεισδύσει μια λεπτή φωτεινή δέσμη (όπως αυτή της ακτίνας laser) μέσα σ' ένα δοχείο γεμάτο νερό, στο οποίο έχουμε ρίξει μερικούς κύβους ζάχαρη χωρίς να τους ανακατέψουμε, τότε η δέσμη κυρτώνεται και αναπηδά στον πυθμένα. (εικ. 5.17). Τι αναγκάζει τη δέσμη να καμπυλώνει; Τι την υποχρεώνει να αναπηδήσει. Τέλος, μετά την αναπήδηση τι την υποχρεώνει και πάλι να καμφθεί;

5.18

Το «στραπατσάρισμα» Ήλιου και Σελήνης

Γιατί ο Ήλιος και η Σελήνη φαίνονται πεπλατυσμένοι, όταν πλησιάζουν τον ορίζοντα;

Μπορείτε να κάνετε έναν πρόχειρο υπολογισμό του βαθμού της παραμόρφωσης;

Ανάκλαση

Πόλωση

Γωνία Brewster

5.19

Μια μπλε ταινία, κολλημένη στον ορίζοντα

Πολλές φορές ο ορίζοντας της θάλασσας μας φαίνεται ότι έχει μπλε ή γρίζο χρώμα, πιο σκούρο απ' ό,τι η υπόλοιπη θάλασσα.

Όταν πάλι στέκεστε όρθιος σε μια ακρογιαλιά, έχετε την εντύπωση ότι έχει κολλήσει κάποιος στον ορίζοντα μια ταινία ζωηρού μπλε χρώματος, σαν να ήθελε μ' αυτόν το τρόπο να τον τονίσει. Η ταινία αυτή εξαφανίζεται, όταν αλλάξετε θέση, είτε ξαπλώνοντας στην άμμο είτε πηγαίνοντας σε κάποιο σημείο ψηλότερο από την ακρογιαλιά. Η πιθανή εξήγηση βρίσκεται στη γραμμική πόλωση του φωτός, που προέρχεται από τον ορίζοντα. Μπορείτε να εξηγήσετε το φαινόμενο της μπλε ταινίας και της πόλωσης του φωτός;

5.20

Ανάκλαση 30° από τη θάλασσα

Εάν κοιτάξετε τη θάλασσα που βρίσκεται στο βάθος του ορίζοντα, θα διακρίνετε τα είδωλα όσων αντικειμένων βρίσκονται 30° πάνω από τον ορίζοντα. Τα αντικείμενα που βρίσκονται πιο χαμηλά, δεν παρουσιάζουν το φαινόμενο της ανάκλασης. Γιατί;

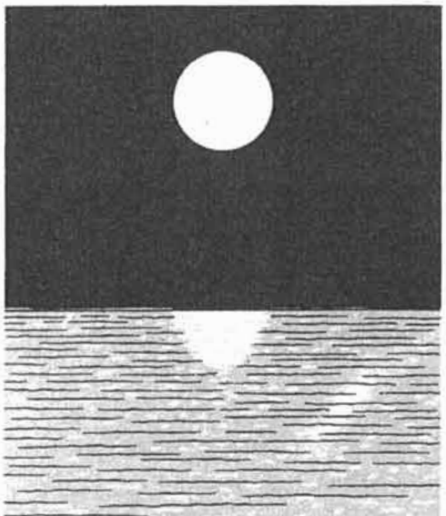
Η ελάχιστη γωνία ανάκλασης προσδιορίζεται από τη μέση κλίση των κυμάτων, που, όπως θα' χετε παρατηρήσει, είναι περίπου 15°; Η απάντηση είναι αρνητική. Ποια αιτία όμως περιορίζει την ανάκλαση;

5.21

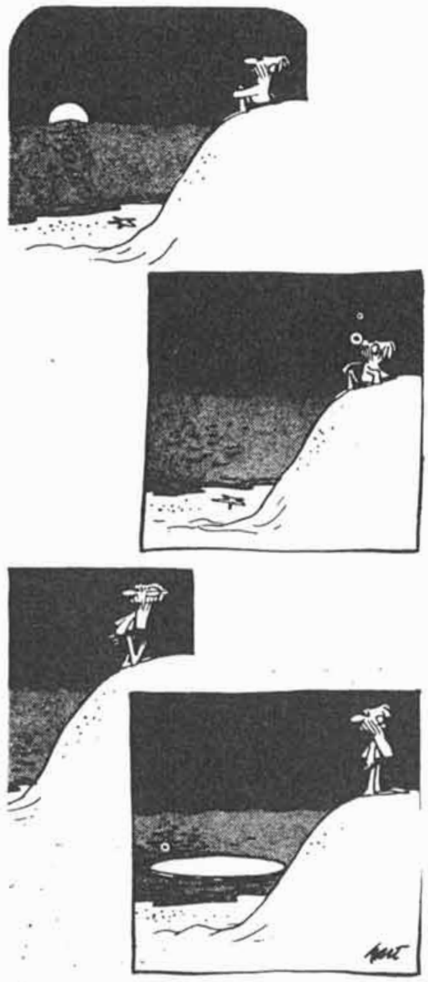
Τρίγωνα σεληνιακού φωτός

Όταν ανακλάται το φως της Σελήνης στην επιφάνεια του νερού της θάλασσας ή μιας λίμνης, σχηματίζει ένα φωτεινό τρίγωνο (εικ. 5.21). Γιατί;

Τι καθορίζει το σχήμα και το πλάτος αυτής της φωτεινής επιφάνειας; Γιατί τέλος σχηματίζεται αντίστοιχα ένα σκοτεινό τρίγωνο στον ουρανό, πάνω από το νερό;



Εικόνα 5.21
Το τρίγωνο σεληνιακού φωτός στην επιφάνεια του νερού και το σκοτεινό τρίγωνο στον ουρανό.



Εικόνα 5.22
(Με την άδεια του John Hart. Feild Enterprises)

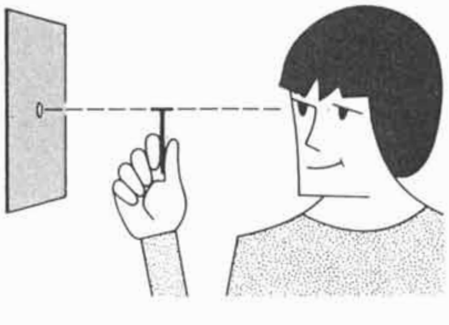
5.22

Μαύρα γυαλιστερά υφάσματα

Γιατί μερικά υφάσματα γυαλίζουν, ενώ άλλα όχι; Τα μαύρα τσόχινα υφάσματα έχουν τη μια τους όψη γυαλιστερή και την άλλη θαμπή. Μερικά χρώματα είναι γυαλιστερά και μαύρα, ενώ άλλα θαμπά (ματ). Εφόσον το μαύρο απορροφά το ορατό φως, πώς είναι δυνατό μια μαύρη επιφάνεια να είναι γυαλιστερή;

5.23
Ανάποδες σκιές

Τρυπήστε με μια βελόνα ένα αδιαφανές φύλλο χαρτιού. Τοποθετήστε το χαρτί σε απόσταση 10 εκατοστών κλείστε το ένα μάτι και κρατήστε προσεχτικά ένα λεπτό καρφί στο διάστημα μεταξύ της τρύπας του χαρτιού και του ματιού σας (εικ. 5.23α). Μετατοπίστε το καρφί, έως ότου φανεί μια σκιά στο φωτεινό κύκλο που σχηματίζεται πίσω από το χαρτί. (εικ. 5.23β). Τι είναι αυτό που δημιουργεί τη σκιά του καρφιού και γιατί είναι αναποδογυρισμένη; Γιατί επίσης σχηματίζεται η σκιά πίσω από την τρύπα;



Εικόνα 5.23α
Κρατήστε το καρφί στο διάστημα μεταξύ της τρύπας και του ματιού σας.



Εικόνα 5.23β
Σκιασμένο είδωλο του καρφιού πίσω από τη τρύπα.

Ακτίνες φωτός
Περίθλαση
Εκτροπή
Ανάλυση
Φωτομετρία

5.24
Φτιάξτε μια φωτογραφική μηχανή

Η πιο απλή φωτογραφική μηχανή και η πιο εύκολη στην κατασκευή, είναι αυτή που αποτελείται από ένα κλειστό κουτί (σκοτεινός θάλαμος), το οποίο έχει μια μικρή τρύπα σε μια από τις έδρες τους.

Η χρήση της παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, αν συγκριθεί με τις φωτογραφικές συσκευές που διαθέτουν φακό. Για παράδειγμα, δεν εμφανίζει καμιά γραμμική παραμόρφωση και προσφέρει εξαίρετο βάθος πεδίου. Αποφεύγει όμως εντελώς τις παραμορφώσεις; Και πιο συγκεκριμένα, προκαλεί χρωματικές παραμορφώσεις η τόσο απλοϊκή συσκευή; Ποια είναι τέλος η ιδανική διάσταση της τρύπας του κουτιού; Ποιο αποτέλεσμα θα έχουμε στις φωτογραφίες, αν η διάσταση αυτή είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την ιδανική;

5.25
Σκιές φύλλων κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης

Παρατηρώντας τις σκιές των φύλλων, την ώρα που γίνεται έκλειψη ηλίου, θα δείτε να προβάλλονται στο έδαφος εικόνες του ήλιου. Πώς παράγονται αυτά τα είδωλα; Τα βλέπουμε πάντα, σε οποιεσδήποτε συνθήκες, ή μόνο όταν γίνεται έκλειψη ηλίου;

5.26
Η πρωϊνή δροσιά ακτινοβολεί

Μερικά πρωϊνά, όταν το χορτάρι αστράφτει από τη δροσιά που έχει πέσει, παρατηρήστε πάνω σ' αυτό τη σκιά του κεφαλιού σας. Θα δείτε ότι η σκιά περιβάλλεται από ένα φωτοστέφανο. Πώς παράγεται αυτή η ακτινοβολία και γιατί ο φωτοστέφανος δεν περιβάλλει όλο το σώμα σας; Τα φύλλα του γρασιδιού πρωταρχικά συγκρατούν τις δροσοσταλίδες. Μήπως όμως έχουν και κάποια άλλη σημασία για το σχηματισμό του φωτοστέφανου; Μπορείτε επίσης να εξηγήσετε την ύπαρξη του φωτοστέφανου, που παρατήρησαν οι αστροναύτες, όταν περπατούσαν στη σελήνη; (Ο τελευταίος δεν έχει βέβαια καμιά σχέση με γρασίδι και δροσιά).

5.27
Τα ανακλαστικά των ποδηλάτων

Αν φωτίσετε από οποιαδήποτε γωνιά τα ανακλαστικά του ποδηλάτου σας, αυτά θα ξαναστείλουν το φως στην πηγή του. Πώς μπορεί και κάνει κάτι τέτοιο ένα ανακλαστικό;

Ένας συνηθισμένος καθρέφτης ανακλά φυσικά το φως, δεν το στέλνει όμως πίσω στην πηγή του, εκτός αν αυτό πέφτει κάθετα στον καθρέφτη. Ποια είναι λοιπόν, η ιδιομορφία του αντανακλαστικού; Ποιο θα είναι το πλάτος της δέσμης του φωτός που ανακλάται, αν πέσει πάνω στο ανακλαστικό μια λεπτή δέσμη;

5.28
Λεκιασμένα φύλλα

Μην καταβρέχετε τα φύλλα των δέντρων κατά τη διάρκεια της ημέρας, διότι οι σταγόνες του νερού αφήνουν πάνω τους σκούρους λεκέδες. Γιατί;

5.29
Ηλιαχτίδες γύρω από το κεφάλι σας

«Είχα προσηλώσει τα μάτια μου στις λυγερές ηλιαχτίδες, που στροβιλίζονταν γύρω από τη σκιά του κεφαλιού μου, πάνω στο φωτόλουστο νερό...»
Του Walt Whitman από το βιβλίο του Leaves of Grass.

Οι αχτίδες του ήλιου, που περιβάλλουν το περίγραμμα της σκιάς του κεφαλιού σας, εμφανίζονται, όταν στροβιλίζεται το νερό. Εάν όμως το νερό είναι ήρεμο ή έχει το συνηθισμένο κυματισμό, τότε οι ακτίνες αυτές δεν εμφανίζονται. Γιατί;

5.30
Τα μάτια της γάτας στο σκοτάδι

Γιατί τα μάτια της γάτας γυαλίζουν τόσο πολύ μέσα στη νύχτα, αν ρίξετε πάνω τους το φως του φακού σας; Γιατί δεν είναι το ίδιο γυαλιστερά την ημέρα; Το ποσοστό της ανάκλασης εξαρτάται από τη γωνία, που σχηματίζει η οπτική γραμμή, η οποία συνδέει τα μάτια σας και τα μάτια της γάτας, με τη φωτεινή δέσμη του φακού, ο οποίος πέφτει στα μάτια της; Γιατί τα μάτια μας δε γυαλίζουν τόσο πολύ, όταν τα φωτίσουμε τη νύχτα μ' ένα φακό;

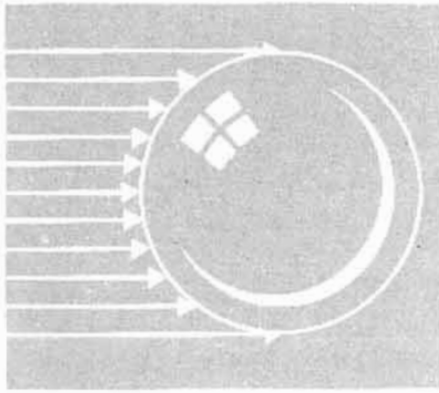
5.31
Αστραφτερές σταγόνες βροχής

Αν τύχει και δείτε τη βροχή από μακριά, όταν οι σταγόνες της φωτίζονται, άμεσα από τον ήλιο, θα διακρίνετε μια οριζόντια γραμμή, που διαχωρίζει τη βροχή σε δυο περιοχές, διαφορετικής φωτεινότητας. Η πάνω ζώνη φαίνεται πιο λαμπερή από την κάτω. Ποια είναι η αιτία αλλαγής της φωτεινότητας;

5.32
Τα χρώματα του ουράνιου τόξου

Η συνηθισμένη εξήγηση του διαχωρισμού των χρωμάτων στο κύριο ουράνιο τόξο είναι ότι το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην απλή διάθλαση και ανάκλαση των φωτεινών ακτίνων στο εσωτερικό των σταγόνων της βροχής. Οι φωτεινές ακτίνες, όμως, σχηματίζουν με την επιφάνεια μιας σταγόνας νερού πολλές διαφορετικές γωνίες (εικ. 5.32). Οπότε θα έπρεπε και οι φωτεινές ακτίνες που αναδύονται από τη σταγόνα, ακόμη κι αυτές που αντιστοιχούν σ' ένα ορισμένο χρώμα, να σχηματίζουν διάφορες γωνίες με την επιφάνειά της; Γιατί λοιπόν βλέπετε σε μια ορισμένη γωνία να αντιστοιχεί ένα ορισμένο χρώμα του ουράνιου τόξου; Τα χρώματα όμως του ουράνιου τόξου είναι τόσο καθαρά, όσο αυτά που βλέπουμε από ένα πρίσμα; Εάν η απλή διάθλαση εξηγούσε την εμφάνιση των χρωμάτων του ουράνιου τόξου, δε θα έπρεπε αυτά να ήταν καθαρά;

Γιατί η σειρά των χρωμάτων στο δευτερεύον ουράνιο τόξο είναι αντίστροφη αυτής του κύριου και γιατί το δευτερεύον παρατηρείται τόσο σπάνια; Και γιατί μπορούμε να διακρίνουμε μόνο δύο ουράνια τόξα; Εάν το κύριο οφείλεται σε απλή ανάκλαση των φωτεινών ακτίνων μέσα στη σταγόνα και το δευτερεύον σε διπλή ανάκλαση, θα έπρεπε να σχηματίζονται και άλλα ουράνια τόξα από πολλαπλές ανακλάσεις; Είναι δυνατό να παρατηρήσουμε το διπλό ουράνιο τόξο, όταν σαρώσουμε τον ουράνιο θόλο μ' έναν προβολέα κάποια νύχτα, την ώρα που ψιλοβρέχει. Τα τόξα αυτά «γλιστράνε» πάνω και κάτω από τη δέσμη, την ώρα της σάρωσης και στιγμές-στιγμές εξαφανίζονται. Μπορείτε να εξηγήσετε την κίνηση αυτών των ουρανίων τόξων;



Εικόνα 5.32
Φωτεινές ακτίνες πέφτουν πάνω σε μια σταγόνα βροχής.

5.33
Καθαρά κόκκινα χρώματα του ουράνιου τόξου

Τα καθαρά κόκκινα χρώματα παρατηρούνται μόνο στα κατακόρυφα τμήματα (βάσεις) του ουράνιου τόξου, όταν ο ήλιος βρίσκεται σε χαμηλό σημείο. Γιατί; (Ο ήλιος πρέπει να βρίσκεται κοντά στον ορίζοντα· διαφορετικά δεν είναι δυνατό να φανούν τα κατακόρυφα τμήματα του ουράνιου τόξου. Εάν, βρίσκεστε λίγο πιο ψηλά και ο ήλιος ασφαλώς πρέπει να βρίσκεται λίγο ψηλότερα από ό,τι πριν).

5.34
Υπεράριθμα τόξα

Μερικές φορές παρατηρούνται πολλά ροζ και πράσινα τόξα δίπλα ή κάτω από το κύριο ουράνιο τόξο. Πολύ πιο σπάνια συμβαίνει να πρατηρηθούν αυτά τα τόξα κάτω από το δευτερεύον. Ποια είναι η αιτία που σχηματίζονται αυτά τα συμπληρωματικά τόξα; Δεν πρέπει να μας εκπλήσσει η δημιουργία τους, αν έχουμε στο μυαλό μας μια απλοϊκή εικόνα για το ουράνιο τόξο; Γιατί δε βρίσκονται μεταξύ του κύριου και του δευτερεύοντος;

5.35
Σκοτεινιασμένος ουρανός ανάμεσα στα ουράνια τόξα

Γιατί η περιοχή του ουρανού που βρίσκεται μεταξύ του κύριου και του δευτερεύοντος τόξου, είναι πιο σκοτεινή από τον υπόλοιπο ουρανό;

5.36
Πόλωση στο ουράνιο τόξο

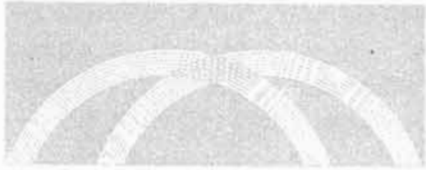
Το ουράνιο τόξο είναι πολωμένο; Εάν ναι, μπορείτε να εξηγήσετε αυτήν την πόλωση;

5.37
Σεληνιακά ουράνια τόξα

Τα ουράνια τόξα, που προκαλούνται από το φως της σελήνης, είναι πολύ σπάνια. Γιατί; Επειδή το φως της σελήνης είναι πιο ασθενικό από το φως του ήλιου ή για κάποια άλλη αιτία;

5.38
Η απόσταση του ουράνιου τόξου

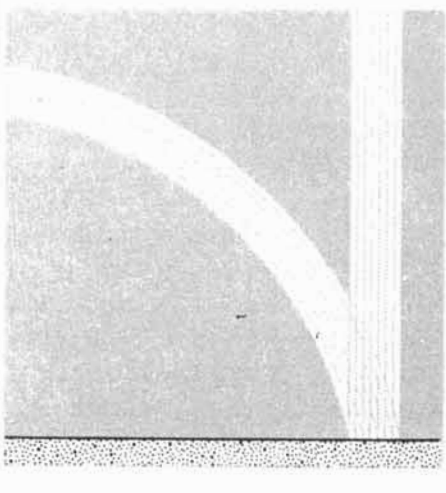
Ποια είναι η απόσταση που σας χωρίζει από το ουράνιο τόξο; Με άλλα λόγια, σε ποια απόσταση βρίσκονται οι σταγόνες του νερού; Είναι δυνατό να υπάρξει ουράνιο τόξο, που θα απέχει από σας λίγα μέτρα; Εάν παρατηρήσετε το ουράνιο τόξο, που δημιουργείται από την τεχνητή βροχή, είναι πιθανό να δείτε δύο τεμνόμενα τόξα (εικ. 5.38). Γιατί;



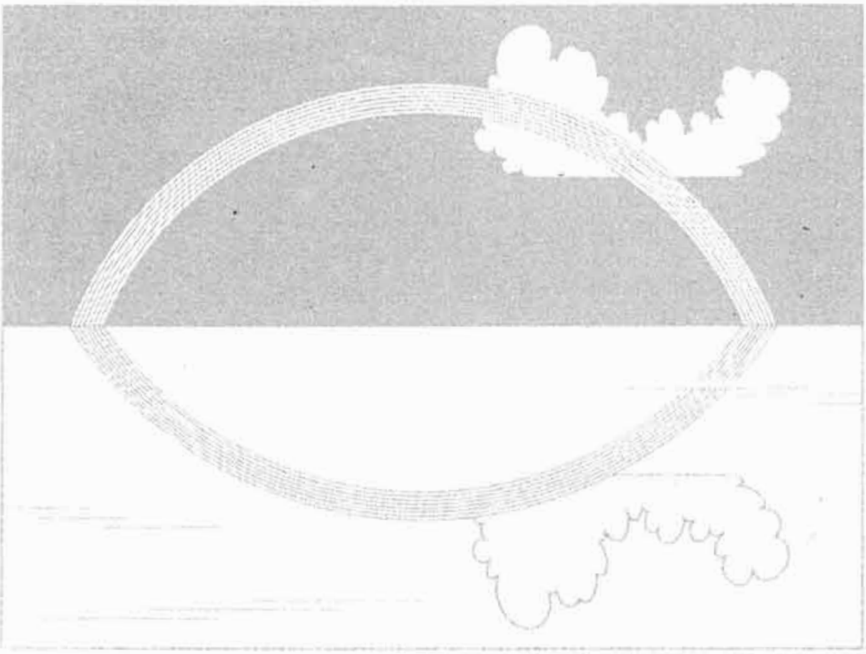
Εικόνα 5.38
Ουράνια τόξα που σχηματίζονται από τεχνητή βροχή.

5.39
Ο Πυλώνας του ουράνιου τόξου

Ποια είναι η αιτία της σπανιότατης δημιουργίας της κατακόρυφης στήλης φωτός, που ξεκινά από τη ρίζα του ουράνιου τόξου; (εικ. 5.39).



Εικόνα 5.39
Στη ρίζα του ουράνιου τόξου σχηματίζεται ένας φωτεινός πυλώνας.



Εικόνα 5.40

5.40

Είδωλα του ουράνιου τόξου

Εάν είχατε ποτέ την τύχη να παρατηρήσετε ένα ουράνιο τόξο και το είδωλό του στο νερό, θα διακρίνατε ότι διαφέρουν στο σχήμα και στη θέση. Αν υπήρχε για παραδειγμα ένα σύννεφο κάπου κοντά στο ουράνιο τόξο, θα βλέπατε ένα θέαμα όμοιο περίπου με την εικόνα 5.40. Γιατί αλλάζει η θέση του σύννεφου σε σχέση με το ουράνιο τόξο;



Εικόνα 5.41α
«Ουράνιο τόξο» στο βρεγμένο γρασίδι



Εικόνα 5.41β
«Ουράνια τόξα» από τα φώτα του δρόμου (Από τους J. O Mattsson, S. Nordbeck και B. Rystedt, General Mathematical and Regional Geography, No 11, 1971, Πανεπιστήμιο Lunds – Σουηδία).

5.41

Τόξα στο γρασίδι

Ποια είναι η αιτία της δημιουργίας των «ουράνιων τόξων» που βλέπουμε πότε - πότε στο βρεγμένο γρασίδι, ή στις επιφάνειες των νερόλακκων, όταν καλύπτονται από λάδια, ή προϊόντα του πετρελαίου; Και ειδικότερα, μήπως μπορείτε να εξηγήσετε το σχήμα τους (εικ. 5.41α); Τα τόξα πάλι που παράγουν τα φώτα των δρόμων, έχουν με τη σειρά τους διαφορετικό σχήμα. (εικ. 5.41β). Γιατί;

5.42

Οι παρήλιοι

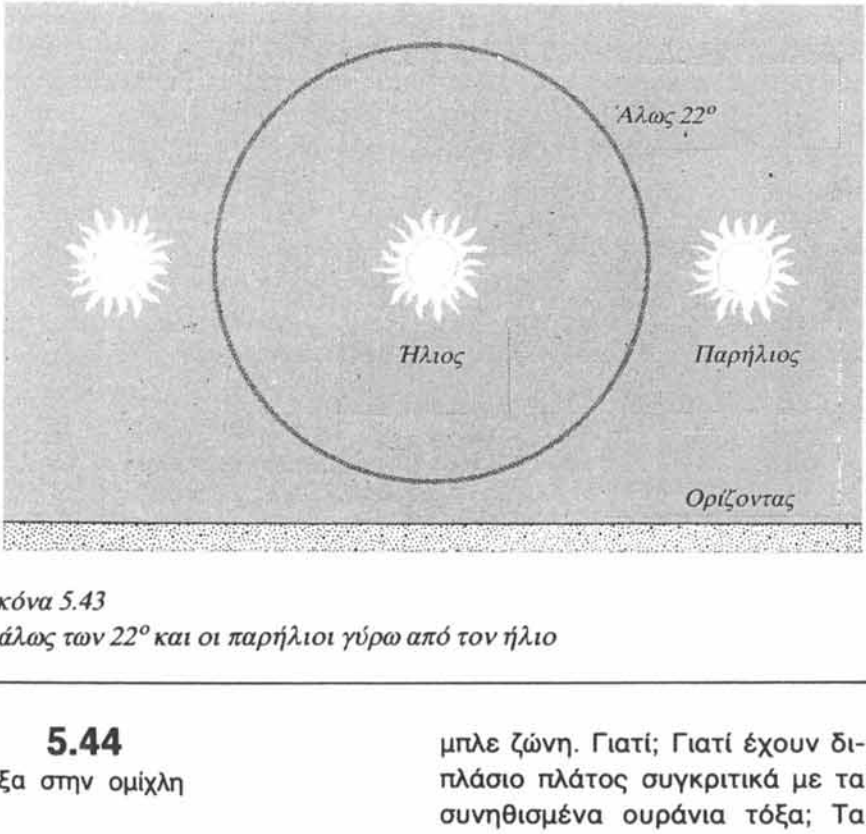
Οι παρήλιοι (ή παρασελήνες ή ψευδήλιοι) είναι λαμπερά είδωλα του ήλιου που εμφανίζονται από τη μια ή και από τις δύο πλευρές του.

Συνήθως βρίσκονται έξω από την άλω των 22° (εάν είναι ορατή), όπως φαίνεται στην εικόνα 5.43, και είναι τόσο πιο μακριά από τον ήλιο, όσο αυτός βρίσκεται πιο ψηλά στον ουρανό. Μόλις υπέρβει ο ήλιος τις 60°, οι παρήλιοι εξαφανίζονται. Μπορείτε να εξηγήσετε πώς παράγονται και γιατί η θέση και η ύπαρξή τους εξαρτάται από το ύψος του ήλιου; Γιατί επίσης, είναι πιο έντονα χρωματισμένοι απ' ό,τι η άλως των 22°;

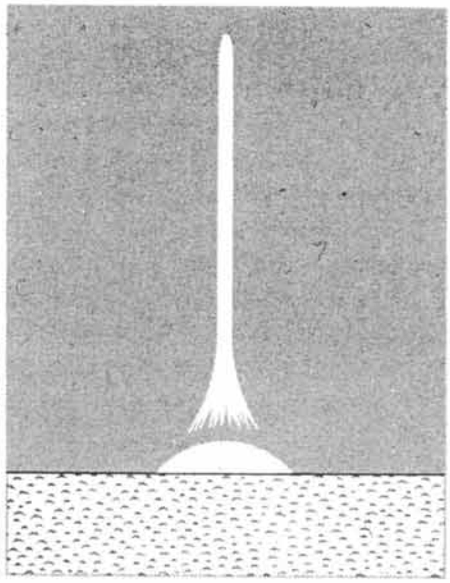
5.43

Η άλως των 22°

Η άλως που περιβάλλει τη σελήνη και τον ήλιο, παρατηρείται συχνά από πολλές περιοχές της γης. Η κύρια άλως που σχηματίζεται σε 22° από τον ήλιο ή τη σελήνη (εικ. 5.43), είναι κόκκινη στην εσωτερική της και άσπρη ή μπλε στην εξωτερική της περιοχή. Εκτός από το στέμμα που περιβάλλει τον ήλιο η τη σελήνη, ο ουρανός στο εσωτερικό της περιοχής των 22° είναι σκοτεινός. Είναι βέβαιο, ότι η άλως παράγεται από τη διάχυση του φωτός στην ατμόσφαιρα· αλλά τι είδους διάχυση μπορεί να παράγει ένα τόσο κανονικό σχήμα; Φανταστείτε για παράδειγμα ότι το φως του ήλιου διαχέεται από σκόνη, που βρίσκεται σε μεγάλο ύψος. Με τη διαδικασία αυτή είναι δυνατό να παραχθεί η άλως των 22°; Και γιατί ο ουρανός είναι σκοτεινός στα σημεία που βρίσκονται ανάμεσα στην άλω και τον ήλιο ή τη σελήνη; Σε όλα σχεδόν τα μέρη του κόσμου η ύπαρξη του φαινομένου αυτού έχει συνδεθεί με επερχόμενη βροχή. Η δοξασία αυτή στηρίζεται σε αντικειμενικά δεδομένα;



Εικόνα 5.43
Η άλως των 22° και οι παρήλιοι γύρω από τον ήλιο



Εικόνα 5.45
Φωτεινά τόξα και είδωλα του ήλιου. (Δεν είναι συγχρόνως όλα ορατά)

5.45

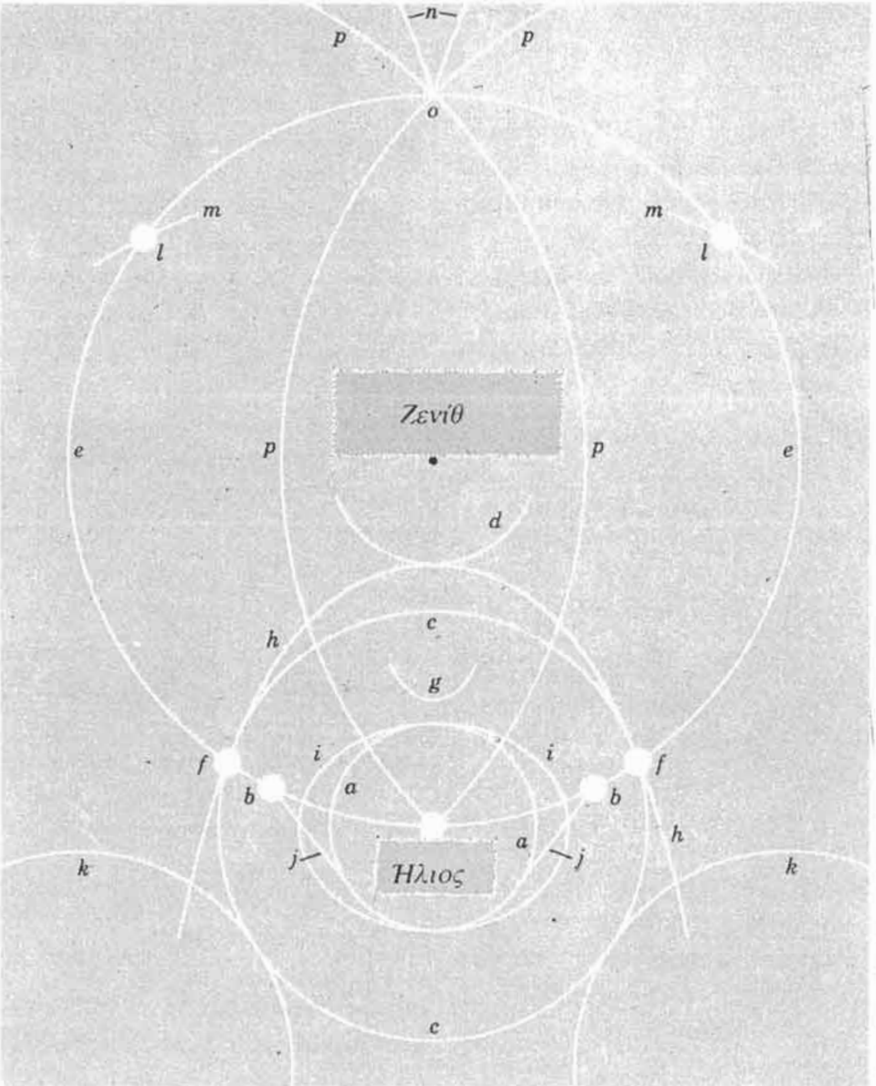
Ηλιακές στήλες

Πολλές φορές διακρίνονται κατακόρυφες στήλες ηλιακού φωτός, που σχηματίζονται πάνω ή κάτω από τον ήλιο, (εικ. 5.45) λίγο μετά την ανατολή του ή λίγο πριν τη δύση του. Οι στήλες αυτές είναι πολύ όμορφες και έχουν χρώμα άσπρο, ανοιχτό - κίτρινο, πορτοκαλί ή μωβ. Μερικές φορές διακρίνονται πάνω ή κάτω από τα φώτα των δρόμων. Τι είναι αυτό που προκαλεί την εμφάνιση αυτών των φωτεινών στηλών;

5.44

Τόξα στην ομίχλη

Τα «ουράνια τόξα» που σχηματίζονται, όταν υπάρχει ομίχλη, φαίνονται «ασπρουλιάρικα» και περιορίζονται από μια εξωτερική πορτοκαλί και μια εσωτερική μπλε ζώνη. Γιατί; Γιατί έχουν διπλάσιο πλάτος συγκριτικά με τα συνηθισμένα ουράνια τόξα; Τα φώτα του δρόμου είναι δυνατό να δημιουργήσουν τόξα στην ομίχλη; Αν ναι, νομίζετε ότι θα είναι διαφορετικά απ' αυτά, που παράγονται από το ηλιακό φως;



Εικόνα 5.46
(a) Άλως των 22°, (b) παρήλιοι εκατέρωθεν της άλου των 22°, (c) άλως των 46°, (d) τόξο περί το ζενίθ, (e) παρήλιος κύκλος, (f) παρήλιοι εκατέρωθεν της άλου των 46°, (h) και (k) εφαπτόμενα τόξα της άλου των 46°, (i) εφαπτόμενα τόξα της άλου των 22°, (j) τόξα Lowitz, (l) παρανθήλιοι, (m) παρανθήλια τόξα, (n) μικρής γωνίας πλάγια τόξα του ανθήλιου, (o) ανθήλιος, (p) μεγάλης γωνίας πλάγια τόξα του ανθήλιου.

5.46

Η ηλιακή άλως και τα συνοδά ηλιακά τόξα

Αν φαινόντουσαν ταυτόχρονα όλα τα φωτεινά τόξα και η άλως, που σχηματίζονται από τον ήλιο, θα βλέπαμε ένα φανταστικό θέαμα (εικ. 5.46). Συνήθως βλέπουμε πολύ λίγα απ' αυτά. Μερικά μάλιστα είναι τόσο σπάνια, ώστε αμφισβητείται η ύπαρξή τους. Το τόξο του Lowitz εξηγήθηκε τώρα τελευταία. Πολλά τόξα μεταβάλλουν πολύ το σχήμα τους, όσο ανεβαίνει ο ήλιος στον ουρανό· έτσι είναι προτιμότερο να παρατηρούνται όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο και να σκιτσάρονται. Προσπαθήστε, λοιπόν, να εξηγήσετε όσα ανακαλύψετε.

5.47
Αναλαμπή κορώνας

Μερικές φορές την ώρα της αστραπής και ταυτόχρονα μ' αυτήν παράγεται μέσα στο καταιγιδοφόρο σύννεφο μια άλλη ανερχόμενη λάμψη, που τρεμοπαίζει και υπερβαίνει την κορυφή του σύννεφου. Η λάμψη αυτή ονομάζεται «αναλαμπή κορώνας». Μπορείτε να απαντήσετε αν είναι μια ιδιόμορφη εκφόρτιση ή μια ανάκλαση του φωτός κανονικής αστραπής;

Πόλωση
(5.48 έως 5.58)

5.48
Πόλωση στα φώτα των αυτοκινήτων

Έχουν κατασκευαστεί πολωτικά πλαστικά φύλλα, για να καλύπτουν τους προβολείς των αυτοκινήτων και να περιορίζουν με τον τρόπο αυτό την εκτυφλωτική λάμψη των προβολέων, την τόσο ενοχλητική, για τους αντίθετα πορευόμενους οδηγούς. Πώς επιτεύχθηκε αυτό και ποιος είναι ο καλύτερος προσανατολισμός των πολωτικών φύλλων; Μην ξεχνάτε πάντως ότι πρέπει να φαίνεται το αυτοκίνητο που έρχεται από την αντίθετη κατεύθυνση. Το φως των προβολέων του λοιπόν δεν πρέπει να εξαφανιστεί τελείως. Έχει σημασία ποια θα είναι η κλίση του παρμπρίζ; Θα επιτύχουμε το ίδιο αποτέλεσμα, αν φοράμε πολωτικά γυαλιά ηλίου;

5.49
Απορροφητικά πολωτικά γυαλιά

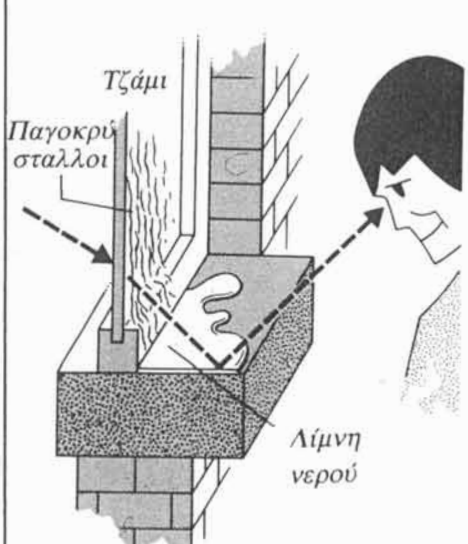
Γιατί μειώνουν τα πολωτικά γυαλιά ηλίου την εκθαμβωτική λάμψη του ηλιακού φωτός; (Τα συνηθισμένα γυαλιά ηλίου μειώνουν μόνο την ποσότητα του ηλιακού φωτός), που δέχονται τα μάτια, και όχι την εκθαμβωτική του λάμψη). Πότε βελτιώνει μια πολωτική μάσκα την όραση ενός υποβρύχιου ψαρά;

5.50
Η πόλωση στον ουρανό

Γιατί είναι πολωμένο το φως του καθαρού ουρανού; Σε ποια περιοχή υπάρχει η μέγιστη πόλωση; Μπορείτε να επιβεβαιώσετε την πρόβλεψη σας, χρησιμοποιώντας ένα ζευγάρι πολωτικά γυαλιά ηλίου; Το φως του συννεφιασμένου ουρανού είναι πολωμένο; Σε μερικές περιοχές του ουρανού το φως δεν είναι πολωμένο. Γιατί; Σε άλλες περιοχές η πόλωση είναι κάθετη σε σχέση μ' αυτήν που προβλέπει η συμβατική θεωρία. Γιατί; Μπορείτε τέλος να ανακαλύψετε τα ουδέτερα σημεία αυτά και τις περιοχές της κάθετης πόλωσης, φορώντας τα δικά σας γυαλιά ηλίου;

5.51
Χρωματισμένοι παγοκρύσταλλοι

Παρατηρήστε προσεχτικά ένα πρωϊνό, έπειτα από μια πολύ κρύα νύχτα, τους λεπτούς και διαφανείς παγοκρύσταλλους, οι οποίοι έχουν σχηματιστεί πάνω σ' ένα τζάμι, που το βλέπει ο ήλιος. Κοιτάξτε με προσοχή το είδωλό τους στη μικρή λιμνούλα που σχηματίζουν, πάνω στο περβάζι του παραθύρου, καθώς λιώνουν. (εικ. 5.51). Θα διαπιστώσετε ότι μοιάζουν με έγχρωμες ταινίες. Για ποιο λόγο συμβαίνει αυτό;



Εικόνα 5.51
(Από τον S.G. Conford, Weatherm 23,39, 1968)

5.52
Ένα κομμάτι σελοφάν ανάμεσα σε δύο πολωτικά φίλτρα

Το φως δε διασχίζει δύο πολωτικά πλακίδια, όταν τα χαρακτηριστικά τους επίπεδα είναι κάθετα μεταξύ τους. Αν παρεμβάλουμε όμως μεταξύ των πλακιδίων ένα κομμάτι διαφανές σελοφάν, τότε

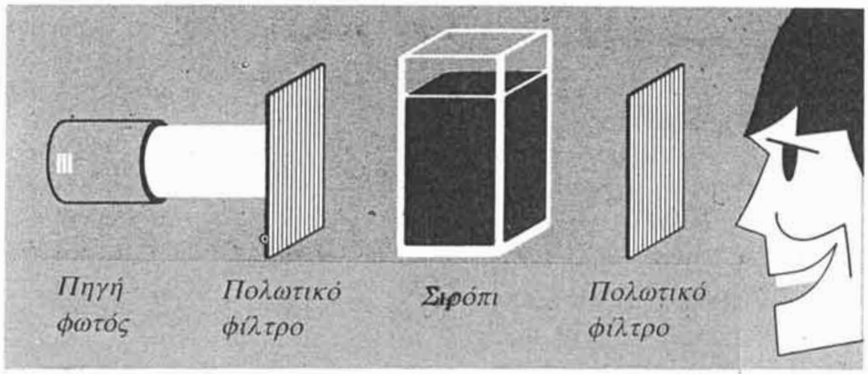
το φως τα διαπερνά· η ένταση μάλιστα του διερχόμενου φωτός εξαρτάται από τον προσανατολισμό του σελοφάν. Εάν τοποθετήσετε στη θέση του σελοφάν ένα κομμάτι από πλαστικό περιτύλιγμα τροφίμων, θα διαπιστώσετε ότι διαπερνά τα πλακίδια ελάχιστο φως. Η ένταση όμως, του διερχόμενου φωτός γίνεται σημαντική, εάν τεντώσετε το πλαστικό περιτύλιγμα. Ποια είναι η θεμελιώδης διαφορά ανάμεσα στο σελοφάν και στο πλαστικό, η οποία μπορεί να εξηγήσει τη διαφορετική συμπεριφορά που περιγράψαμε; Πώς μεταβάλλονται οι οπτικές ιδιότητες του πλαστικού με το τέντωμά του;*

*Για πληρέστερη αναφορά στις οπτικές ιδιότητες και τη συμπεριφορά του σελοφάν δείτε τα κεφάλαια 8 και 9, στο θαυμάσιο βιβλίο του F. Crawford: «Κύματα» (Waves) - Berkeley Physics Cours, τόμος 3,
Mc Graw - Hill N.Y. 1968
Σ.τ. Μ: η σειρά των βιβλίων Berkeley έχει μεταφραστεί και στα Ελληνικά

5.53

Λεκέδες στα πίσω τζάμια των αυτοκινήτων

Όσοι φορούν κατά την οδήγηση πολωτικά γυαλιά ηλίου, ίσως έχουν παρατηρήσει μεγάλους λεκέδες στα πίσω τζάμια των προπορευόμενων αυτοκινήτων. Οι λεκέδες αυτοί έχουν συνήθως κανονικό σχήμα. Αλλα γιατί υπάρχουν οι λεκέδες αυτοί; Είναι έγχρωμοι; Γιατί πρέπει να φοράμε πολωτικά γυαλιά, για να τους διακρίνουμε;



Εικόνα 5.54
Διάταξη για την επίδειξη του φαινομένου στροφής του επιπέδου ταλάντωσης πολωμένου φωτός.

5.54

Το οπτικό ενεργό ζάχαρο

Πολλές φορές έχετε φάει κέϊκς και γνωρίζετε ότι είναι ποτισμένα με σιρόπι αμυλοσάκχαρου. Αγνοείτε όμως την ιδιότητα που έχει, να είναι οπτικά ενεργό. Προσπαθήστε, λοιπόν, να εκτελέσετε το παρακάτω πείραμα: μεταξύ δυο πολωτικών φίλτρων (αυτά μπορεί να είναι και πολωτικά γυαλιά ηλίου) τοποθετήστε ένα γυάλινο διαφανές δοχείο, γεμάτο αμυλοσιρόπι. Στη συνέχεια φωτίστε με πηγή λευκού φωτός το ένα φίλτρο και κοιτάξτε μέσα από το άλλο φίλτρο το φως, που περνάει από το διάλυμα του ζάχαρου (εικ. 5.54). Πώς εξηγείτε τα άμορφα χρώματα που βλέπετε; Στρέφοντας αργά το ένα φίλτρο — διατηρώντας το άλλο ακίνητο — εντοπίστε το επίπεδο ταλάντωσης του πολωμένου φωτός που αναδύεται από το αμυλοσιρόπι, και υπολογίστε τη γωνία στροφής του επιπέδου ταλάντωσης που συνέβει στο πολωμένο φως, όταν περνούσε μέσα από το σιρόπι. Επαναλαμβάνοντας το ίδιο πείραμα σε δοχεία με διαφορετικά πάχη, θα διαπιστώσετε ότι η γωνία στροφής του πολωμένου φωτός εξαρτάται από το μήκος διαδρομής του φωτός μέσα στην οπτικά ενεργό ουσία. Γιατί; Πόση γωνία στροφής αντιστοιχεί σε κάθε εκατοστόμετρο διαδρομής του φωτός μέσα στο σιρόπι; Γίνεται κατά τη φορά περιστροφής των δειχτών του ρολογιού ή αντίθετα; Και γιατί κατά την μία μόνο φορά;

5.55

Πώς προσανατολίζονται τα ζώα με τη βοήθεια του πολωμένου φωτός

Οι μέλισσες, τα μυρμήγκια και διάφορα ζώα χρησιμοποιούν το πολωμένο φως του ουρανού*, για να προσανατολιστούν. Πώς τα καταφέρνουν;

***βλ. ερ. 5.50.**

5.56
Μαγικές ηλιακές πέτρες

Οι διχροϊκοί κρύσταλλοι αλλάζουν χρώμα ανάλογα με την πόλωση του φωτός, που πέφτει απάνω τους. Ο κρύσταλλος είναι διαφανής με απόχρωση ανοιχτού κίτρινου χρώματος, όταν φωτίζεται με ορισμένο πολωμένο φως αποχτά βαθύ μπλε χρώμα, αν το επίπεδο πόλωσης του φωτός στραφεί κατά 90°.

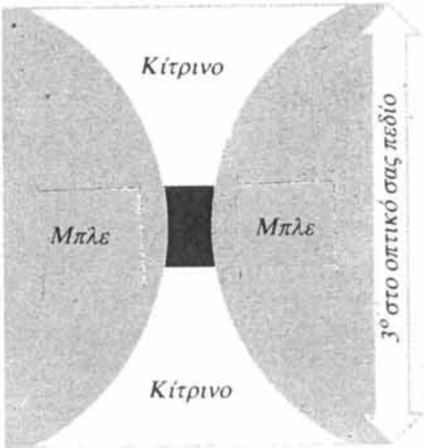
Οι Βίκινγκς λέγεται ότι χρησιμοποιούσαν ένα διχροϊκό κρύσταλλο (κορδιερίτη) για να εντοπίζουν τη θέση του ήλιου, όταν δεν μπορούσαν να τον διακρίνουν. Σύμφωνα πάντα με τους θρύλους, είχαν στην κατοχή τους ένα είδος μαγικής ηλιακής πέτρας που τους βοηθούσε να προσδιορίζουν τη θέση του ήλιου, όταν αυτός βρισκόταν πίσω από τα σύννεφα ή κάτω από τον ορίζοντα. Ο ήλιος στα βόρεια πλάτη είναι δυνατό να βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα, ακόμη και το μεσημέρι. Έτσι οι «ηλιακές πέτρες» των Βίκινγκς ήταν εξαιρετικά χρήσιμες για τη ναυσιπλοΐα.

Γιατί διαπερνούν το διχροϊκό κρύσταλλο διαφορετικά χρώματα, ανάλογα με το επίπεδο πόλωσης του φωτός που πέφτει πάνω του;

Μπορούν πράγματι να χρησιμοποιηθούν οι κρύσταλλοι, για να εντοπίσουν τον ήλιο, όταν ο ουρανός είναι συννεφιασμένος ή όταν βρίσκεται ο ήλιος κάτω από τον ορίζοντα;

5.57
Η βούρτσα του Haidinger

Ίσως να μη γνωρίζετε ότι μπορείτε να ανακαλύψετε το πολωμένο φως με γυμνό οφθαλμό. Σας



Εικόνα 5.57

πληροφορούμε ότι αυτό είναι εφικτό: Κοιτάζοντας το λαμπερό φως μέσα από ένα πολωτικό φύλλο (πολωτικά γυαλιά ηλίου για παράδειγμα) θα διακρίνετε για μια στιγμή μια κίτρινη «κλεψύδρα» που περιορίζεται αριστερά και δεξιά από δύο μπλε σύννεφα (εικ. 5.57). Αν στρέψετε απότομα πάνω στο ίδιο επίπεδο το φίλτρο, θα διακρίνετε καθαρότερα την «κλεψύδρα». Το σχήμα αυτό λέγεται «η βούρτσα του Haidinger» και είναι άμεσο αποτέλεσμα του γραμμικά πολωμένου φωτός, που εξέρχεται από το φίλτρο. Γιατί;

Ποιο τμήμα του ματιού είναι ευαίσθητο στις αλλαγές του επιπέδου πόλωσης του φωτός και γιατί σχηματίζεται το προηγούμενο συγκεκριμένο σχήμα; Ποια είναι η εξάρτηση του προσανατολισμού της «κλεψύδρας» από το επίπεδο της πόλωσης; Γιατί εξαφανίζεται το σχήμα αυτό μετά λίγα δευτερόλεπτα; «Τη βούρτσα του Haidinger» μπορούμε να τη δούμε αρκετά εύκολα, χωρίς τη βοήθεια πολωτικού φίλτρου μέσα στο μερικά πολωμένο φως του ουρανού. Μερικοί άνθρωποι την διακρίνουν τόσο ξεκάθαρα που τους γίνεται ενοχλητική. Μπορείτε ακόμη να ανακαλύψετε με τα μάτια σας και μόνο το κυκλικά πολωμένο φως, διότι όταν έχει αυτό αριστερόστροφη φορά, παράγει μια κίτρινη «βούρτσα», που έχει κλίση 45° προς τα δεξιά. Αν ακολουθεί δεξιόστροφη φορά, παράγει μια «βούρτσα» με την αντίθετη κλίση. Γιατί;

Σκέδαση (5.58 έως 5.90)

Νόμοι Rayleigh και Mie

Περίθλαση

Διασκεδασμός

5.58
Χρωματιστό ηλιόγερμα

Δε δίνουμε συνήθως σημασία στα χρώματα του ουρανού, όταν βασιλεύει ο ήλιος· οι φυσικοί ειδικά τα ερμηνεύουν με τη «σκέδαση Rayleigh», και λύνουν το πρόβλημάτους. Μπορείτε να εξηγήσετε την εκπληκτική ποικιλία των χρωμάτων που παίρνει ο ουρανός την ώρα της δύσης του ήλιου; (Ο ήλιος την ώρα εκείνη μπορεί να είναι κόκκινος· ο ουρανός δεν έχει φυσικά το ίδιο ακριβώς χρώμα). Καθώς δύει ο ήλιος, ο ουρανός στο σημείο της δύσης έχει απόχρωση κίτρινη και πορτοκαλί. Όταν παίρνει ο ήλιος χρώμα κόκκινο της φωτιάς, οι τελευταίες ακτίνες του ανεβαίνοντας πιο ψηλά στον ορίζοντα, μεταβάλλουν το χρώμα τους από κίτρινο - πορτοκαλί σε πράσινο - αζούρ μπλε. Τελικά η περιοχή του ουρανού, που βρίσκεται μέχρι τις 25° από τον ορίζοντα, γίνεται ροζ («προφυρούν φως») στο σημείο της δύσης (βλ. ερ. 5.60).

Τα χρώματα της δύσης γίνονται πολύ ζωηρά έπειτα από εκρήξεις ηφαιστίων. Ποια είναι η αιτία, που κάνει τα χρώματα ζωηρά;

5.59

Ο γαλάζιος ουρανός

«Γιατί είναι γαλάζιος ο ουρανός». Οι φυσικοί παρακάμπτουν ουσιαστικά την κλασική αυτή ερώτηση, όταν επικαλούνται με την απάντησή τους τη «σκέδαση του Rayleigh».

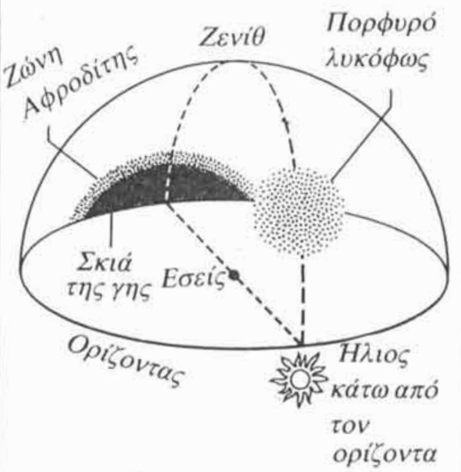
Εμείς νομίζουμε ότι αξίζει να εξετάζεται προσεκτικότερα η ερώτηση αυτή: Σκεφτείτε λοιπόν σε ποια περιοχή του ουρανού το μπλε χρώμα είναι βαθύτερο και γιατί ο ουρανός δεν έχει ίδιο χρώμα σ' όλα του τα σημεία. Το χρώμα του κατά τη διάρκεια της ημέρας συμφωνεί μ' αυτό που προβλέπει η διάχυση Rayligh; Γιατί τις νύχτες, που έχουμε πανσέληνο, δεν είναι γαλάζιος ο ουρανός; Τι διαχέει την ηλιακή ακτινοβολία, δημιουργώντας έτσι το γαλανό χρώμα μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας; Θα ήταν γαλανός ο ουρανός, αν ήταν μεγαλύτερα ή μικρότερα τα αιωρήματα που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα;

Στον πλανήτη Άρη ο ουρανός είναι μπλε μόνο στην περιοχή που βρίσκεται λίγες μοίρες πάνω από τον ορίζοντα, και μαύρος από κει και πάνω. Γιατί;

5.60

Το πορφυρένιο χρώμα του λυκαυγούς και του λυκόφωτος

Πώς παράγεται το «πορφυρούν φως» (κάποτε είναι περισσότερο ροζ παρά πορφυρένιο) που βλέπουμε στη δύση, την ώρα που ο ήλιος βυθίζεται κάτω απο τη γραμμή του ορίζοντα (εικ. 5.60); Αν το παρατηρήσετε 15 έως 40 λεπτά μετά τη δύση του ήλιου, θα διαπιστώσετε ότι είναι εντονότερο. Εξηγείται η εμφάνισή του από τον ίδιο νόμο της φυσικής, που εξηγεί και το «δεύτερο» πορφυρό φως, το οποίο παρουσιάζεται αφού χαθεί το «πρώτο», και διαρκεί πότε - πότε μέχρι και δύο ώρες μετά τη δύση του ήλιου; Πώς είναι δυνατό να φωτίζει ο ήλιος τον ουρανό μία ώρα ή και περισσότερο ακόμα μετά τη δύση του;



Εικόνα 5.60
Οπτικά φαινόμενα κατά τη δύση του Ήλιου.
(Από τον H. Neuberger, Introduction to Physical Meteorology, Πανεπιστήμιο Pennsylvania)

5.61

Το μπλε χρώμα του ζενίθ

Έχετε παρατηρήσει ότι δημιουργείται ένα σκούρο μπλε χρώμα, στο ζενίθ του τόπου σας (στην περιοχή δηλαδή του ουρανού, που βρίσκεται πάνω από το κεφάλι σας) όση ώρα δύει ο ήλιος; Δε σας φαίνεται παράδοξο; Δε θα έπρεπε να έχει κόκκινο χρώμα, για τον ίδιο λόγο που γίνεται κόκκινος και ο ήλιος;

5.62

Η ζώνη της Αφροδίτης

Πώς δημιουργείται ο ροζ «λεκές του λυκαυγούς και λυκόφωτος (λέγεται «ζώνη της Αφροδίτης»), που εμφανίζεται πάνω από τη σκιά της γης στα ανατολικά, όταν δύει ο ήλιος (εικ. 5.60);

5.63

Τα πράσινα φώτα των πόλεων και τα κόκκινα φωτάκια των χριστουγεννιάτικων δέντρων

Αν έχετε πετάξει ποτέ πάνω από μια πόλη, θα έχετε σίγουρα προσέξει ότι τα φώτα της φαίνονται πράσινα. Όταν όμως, οδηγείτε το αυτοκίνητό σας μέσα στην ίδια πόλη, τα φώτα της φαίνονται λευκά και όχι πράσινα. Γιατί παρατηρείται αυτή η διαφορά; Για τους ίδιους λόγους παρατηρείται μια ανάλογη μεταβολή στο χρώμα που έχουν τα λαμπιόνια των χριστουγεννιάτικων δέντρων. Γιατί; Συγκεκριμένα φαίνονται κόκκινα, όταν τα κοιτάζετε, από μακριά ενώ στην πραγματικότητα είναι πολύχρωμα.

5.64

Ο λαμπερός ουρανός στη διάρκεια της ημέρας

Γιατί είναι λαμπερός ο ουρανός την ημέρα;

Μπορείτε να υπολογίσετε κατά προσέγγιση τη λαμπρότητά του;

5.65

Κίτρινα γυαλιά ήλιου για τις χιονοδρομίες

Οι χιονοδρόμοι φορούν κίτρινης απόχρωσης γυαλιά ηλίου. Ίσως σκεφτεί κάποιος ότι είναι θέμα μόδας· Οι χιονοδρόμοι, αντίθετα, υποστηρίζουν ότι τα κίτρινα γυαλιά βελτιώνουν την όρασή τους, όταν υπάρχει ομίχλη. Διακρίνονται καλύτερα όπως λένε, τα μικρά «σαμάρια» του χιονιού. Η γνώμη των χιονοδρόμων πρέπει να έχει κάποια βάση, αν σκεφτούμε ότι και ο διάσημος εξερευνητής των πόλων Vilhjalmur Stefansson συμβούλευε όσους ταξίδευαν σε χιόνια και πάγους, να φορούν έγχρωμα γυαλιά. Ποια βοήθεια προσφέρουν τα κίτρινα γυαλιά; Μήπως είναι πιο έντονο το κίτρινο χρώμα στο φως που προέρχεται από ανάκλαση στο χιόνι τις ομιχλώδεις ημέρες;

5.66

Παρατηρήστε τα άστρα μέσα από σωλήνα.

Οι άνθρωποι, από την εποχή του Αριστοτέλη ακόμα, πίστευαν ότι μπορούσαν να βλέπουν τα αστέρια κατά τη διάρκεια της ημέρας, χρησιμοποιώντας ένα μακρύ σωλήνα. Ένας σωλήνας ελαττώνει το συνολικό φως του ουρανού που βλέπουμε, και έτσι υποτίθεται, επιτρέπει να διακρίνουμε τα άστρα μέσα στο λίγο φως που υπάρχει στο στόμιό του.

Μήπως κάνει πιο ευδιάκριτα τα αστέρια η μερική προσαρμογή στο σκοτάδι; (αυτή οφείλεται στη μικρή ποσότητα διακρινόμενου φωτός). Πιστεύετε πως μια τέτοια διάταξη κάνει ορατά τα αστέρια την ημέρα; Μπορείται να επιβεβαιώσετε την άποψη αυτή, κάνοντας υπολογισμούς και πειράματα;

Ανάκλαση

Απορρόφηση

Σκέδαση

5.67

Τα χρώματα των λιμνών και των ωκεανών

Ποιο είναι το χρώμα μιας καθαρής ορεινής λίμνης; Είναι διαφορετικό, όταν ο καιρός είναι βροχερός και διαφορετικό, όταν είναι αίθριος; Σε ποιο βαθμό επηρεάζεται από το βάθος της και από τα υλικά που υπάρχουν στον πυθμένα της; Ποια είναι η αιτία της διαφοράς αποχρώσεων στις διάφορες λίμνες; Τι χρώμα έχει η θάλασσα στα ρηχά και τι στα βαθειά; Ποια χρώματα διακρίνετε στα κύματα; Όταν κόλυμπάτε υποβρυχίως σε αρκετό βάθος, τεντώστε το χέρι σας· θα παρατηρήσετε ότι έχει ίδιο χρώμα στο επάνω και στο κάτω μέρος του. Γιατί;

Απορρόφηση

Διάχυση

5.68

Το χρώμα του συννεφιασμένου ουρανού

Αν έχετε ζήσει ποτέ σε χωριό, θα έχει υποπέσει στην αντίληψή σας η εποχιακή μεταβολή του χρώματος του συννεφιασμένου ουρανού. Μερικοί υποστηρίζουν ότι το καλοκαίρι είναι λίγο πιο πρασινογάλαζος απ' ό,τι το χειμώνα. Θα μπορούσα να δώσω μια τετριμένη απάντηση, αλλά θα έχει κάποια βάση;

5.69

Το σκοτεινό μέρος της σελήνης

Όταν ανατέλλει νέα σελήνη αμέσως μετά τη δύση του ηλίου, είναι ορατό και το φωτεινό τμήμα της, που μοιάζει με μισό κουλούρι, αλλά και το σκοτεινό. Πώς γίνεται αυτό;

5.70

Άσπρα σύννεφα

Γιατί είναι άσπρα συνήθως τα σύννεφα;

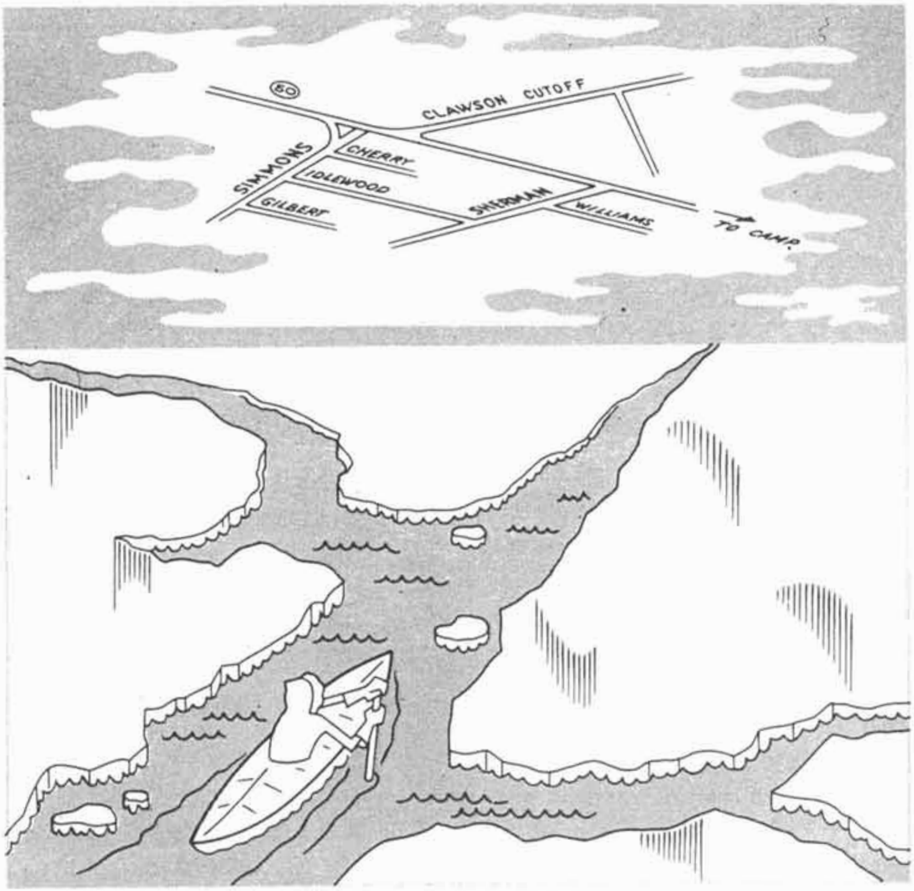
Γιατί δεν είναι γαλάζια, όπως ο ουρανός;

Γιατί είναι σκουρόχρωμα τα σύννεφα που προαναγγέλουν καταιγίδα;

5.71

Τα σύννεφα διαχέουν το φως

Οι υδρατμοί διαχέουν πολύ λιγότερο το φως του ήλιου απ' ό,τι τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν αυτοί όταν συμπυκνώνονται κατά το σχηματισμό ενός σύννεφου. Γιατί; Δεν είναι ίδιος ο συνολικός αριθμός ατόμων; Δε θα έπρεπε λοιπόν να ήταν ίδια η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός;



Εικόνα 5.72
Ο Εσκιμώος οδηγεί το καγιάκ μέσα από τα παγοπέδια κοιτάζοντας τους χάρτες του ουρανού.

5.72
Χάρτες στον ουρανό

Πάνω από τις παγωμένες περιοχές της Αρκτικής σχηματίζονται πολλές φορές, στη βάση των χαμηλών σύννεφων, μεγάλοι χάρτες της γύρω περιοχής. Οι χάρτες αυτοί, που ονομάζονται «ανταύγειες πάγων» (ice blink) ή «χάρτες των σύννεφων», επιτρέπουν στους Εσκιμώους να επιλέγουν σωστά την πορεία τους και να οδηγούν τα καγιάκ τους ανάμεσα από τους πάγους ή να περπατούν πάνω σ' αυτούς (εικ. 5.72) προς την επιθυμητή πάντα κατεύθυνση.

Οι ανταύγειες των πάγων εμφανίζονται κοντά στον ορίζοντα, όταν ο ουρανός είναι αρκετά καθαρός από σύννεφα — μερικές φορές όμως και όταν ακόμη είναι φορτωμένος με σύννεφα.

Δεν προδίδουν μόνο το σχήμα των πάγων αλλά παρέχουν τη δυνατότητα στον έμπειρο παρατηρητή να αντιληφθεί ποιες ανταύγεις προέρχονται από παγοπέδια και ποιες από ογκόπαγους, εάν αυτοί είναι συμπαγείς ή κοίλοι κ.λ.π. Έτσι τα παγοπέδια σχηματίζουν τις περισσότερο ευδιάκριτες ανταύγειες που συνοδεύονται από μια απόχρωση κίτρινου, ενώ οι ογκόπαγοι σχηματίζουν λευκότερες ανταύγειες.

Μπορείτε λοιπόν να εξηγήσετε το φαινόμενο αυτό των «χαρτών του ουρανού»;

5.73

Μαργαριταρένια σύννεφα

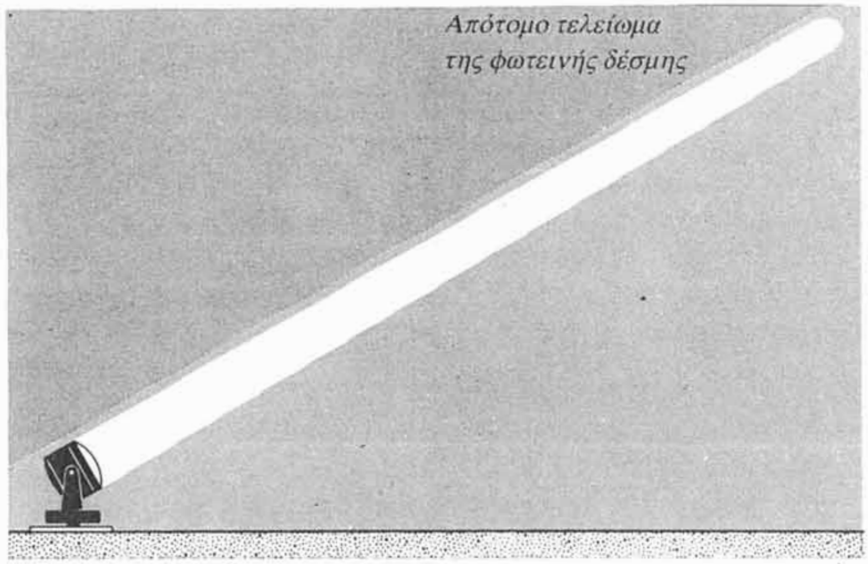
Δεν είναι όλα τα σύννεφα άσπρα ή μαύρα. Τα μαργαρώδη νέφη έχουν όμορφα και απαλά χρώματα. Αν και είναι σπάνια τα χρωματοφόρα σύννεφα και εμφανίζονται σε μεγάλα ύψη μετά το ηλιόγερμα, είναι τόσο φωτεινά ώστε μπορούν να χρωματίσουν το χιόνι, όταν αυτό σκεπάζει το έδαφος. Τι διαφορετικό έχουν τα σύννεφα αυτά και παίρνουν διάφορες αποχρώσεις; Τα χρώματα οφείλονται σε σωματίδια, που έχουν τυχαίες διαμέτρους; Γιατί αυτά τα σύννεφα περιορίζονται συνήθως σε μεγάλα ύψη, σε ύψη δηλαδή από 20 έως 30 χιλιόμετρα από το έδαφος;

Συμβολή

5.74

Το σκονισμένο κάτοπτρο του Young

Εάν σταθείτε πίσω από μια λάμπα και κοιτάξετε το είδωλό της μέσα σ' ένα σκονισμένο καθρέφτη, θα ανακαλύψετε ότι περιβάλλεται αυτό από διακριτές και χρωματισμένες ζώνες. Ένας καθαρός καθρέφτης δε θα μας δείξει τις ζώνες αυτές. Για να φανούν ο καθρέφτης πρέπει να είναι σκονισμένος ή λίγο βρώμικος. Ποια είναι η προέλευση αυτών των έγχρωμων ζωνών και πόσες υπάρχουν για κάθε χρώμα; Και το σημαντικότερο, γιατί πρέπει να είναι σκονισμένος ή λίγο βρώμικος ο καθρέφτης;



Εικόνα 5.75

5.75

Φωτεινές δέσμες προβολέων

Οι φωτεινές δέσμες προβολέων της αντιαεροπορικής άμυνας διακόπτονται απότομα (εικ. 5.75). Γιατί; Δεν νομίζετε ότι θα ήταν πιο φυσικό, αν το φως τους εξασθενούσε προοδευτικά;

5.76

Το ζωδιακό και το αντιζωδιακό φως

Την επόμενη φορά που θα βρεθείτε μακριά από τα φώτα της πόλης, μια ήρεμη και αφέγγαρη νύχτα, αναζητήστε στον ουρανό το ζωδιακό και αντιζωδιακό φως (gegenschein).

Το πρώτο είναι ένα γαλακτόχρωμο τρίγωνο, που μπορεί να εμφανιστεί προς τη μεριά της Δύσης μερικές ώρες μετά το ηλιοβασίλεμα, ή προς τη μεριά της Ανατολής, πριν ο ήλιος ανατείλει. Το τρίγωνο αυτό είναι εξίσου φωτεινό με το Γαλαξία και βρίσκεται στο επίπεδο εκλειπτικής*. Το αντιζωδιακό φως είναι ένα φως ασθενικό, που διακρίνεται στον ουρανό, και συγκεκριμένα σε σημείο αντίθετο απ' αυτό που βρίσκεται ο ήλιος. Ποιες είναι οι αιτίες της εμφάνισης των νυχτερινών αυτών φώτων, που διακρίνονται στον ουρανό;

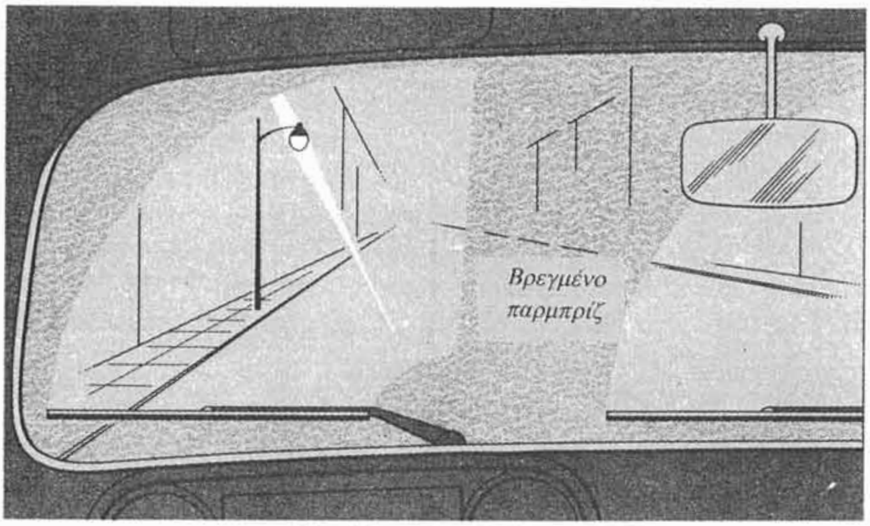
*Το επίπεδο εκλειπτικής είναι αυτό, στο οποίο βρίσκεται η γη, καθώς περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο.

Ανάκλαση

5.77

Φωτεινές ακτίνες στο παρμπρίζ

Όταν οδηγείτε το αυτοκίνητό σας τις βροχερές νύχτες, θα έχετε παρατηρήσει τις στενόμακρες ακτίνες του φωτός, που πέφτουν



Εικόνα 5.77
(Ακτίνες από τα φώτα του δρόμου πέφτουν στο παρμπρίζ).

στο παρμπρίζ σας. Τις ακτίνες αυτές τις δημιουργούν τα φώτα που υπάρχουν έξω από το αυτοκίνητό σας (εικ. 5.77).

Κάθε μια ξεκινά από την πηγή του φωτός και είναι τόσο εντονότερη, όσο μικρότερη είναι η πηγή της. Όσο προχωρείτε με το αυτοκίνητό σας, τόσο προχωρούν κι αυτές. Αν όμως βγείτε έξω από το αυτοκίνητο η κοιτάξετε προς τα έξω από οποιοδήποτε άλλο τζάμι του αυτοκινήτου σας, δε θα τις δείτε πια. Τι παράγει τις ακτίνες αυτές; Παρατηρούνται συχνά, όταν δε βρέχει;

5.79

Το φωτοστέφανο της δόξας

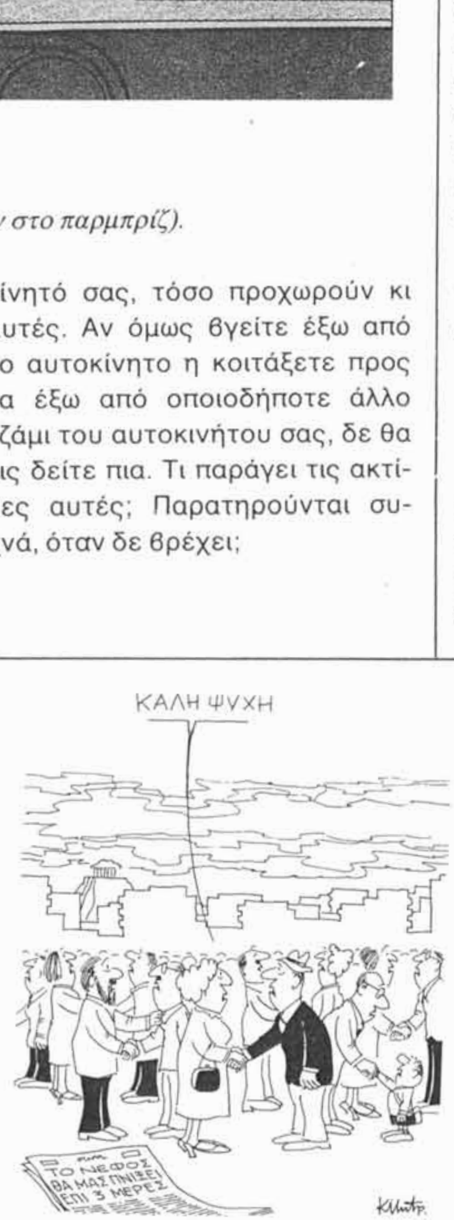
Όταν βρισκόσαστε στην κορυφή ενός βουνού με την πλάτη γυρισμένη στον ήλιο και κοιτάξετε την πυκνή ομίχλη, που βρίσκεται κάτω σας, θα ανακαλύψετε μια σειρά έγχρωμων δαχτυλιδιών γύρω από τη σκιά του κεφαλιού σας. Τα έγχρωμα δαχτυλίδια αυτά, που καμιά φορά είναι τέλειοι κύκλοι, ονομάζονται αίγλη (glory). Για μια στιγμή θα αισθανθείτε θεοί, όταν διαπιστώσετε μάλιστα ότι αυτό το όμορφο στολίδι περιβάλλει αποκλειστικά και μόνο το κεφάλι σας. Ποια είναι η αιτία αυτής της θείας επιλογής;

Το ίδιο φαινόμενο μπορείτε να το παρατηρήσετε συχνότερα, όταν ταξιδέψετε με αεροπλάνο. Όταν λοιπόν, ξαναπετάξετε, καθίστε στη μεριά την αντίθετη απ' τον ήλιο και παρατηρήστε το «φωτοστέφανο» που περιβάλλει τη σκιά του αεροπλάνου πάνω στο σύννεφο. Εγώ έχω δει τρεις φωτοστέφανους ταυτόχρονα, άλλοι έχουν φωτογραφίσει πέντε.

5.78

Το χρώμα της αιθαλομίχλης

Εάν ζείτε σε μεγαλούπολη (όπως είναι η Αθήνα), έχετε διανύσει ένα μεγάλο μέρος της ζωής σας μέσα στο νέφος. Γιατί έχει καστανό χρώμα το νέφος; Οφείλεται αυτό σε εκλεκτική απορρόφηση του φωτός; Αν ναι από τι; Μήπως οφείλεται στη σκέδαση του φωτός; Μήπως εξαρτάται από το τι βλέπετε μέσα από το νέφος;



(Από το βιβλίο «Της Πόπης!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

Τι είναι αυτό που προκαλεί αυτή την αίγλη; Γιατί περιβάλλει τη σκιά του κεφαλιού σας; Ποια είναι η σειρά των χρωμάτων σε κάθε χρωματιστό δαχτυλίδι; Με ποιο τρόπο εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων της ομίχλης;

5.80
Το Στέμμα του Ήλιου

Ο ήλιος και η σελήνη περιβάλλονται από φωτεινές ζώνες, που ονομάζονται στέμματα (coronas). Γιατί; Συνήθως υπάρχει μια λευκή ζώνη μόνο, πότε - πότε όμως εμφανίζονται διαδοχικά μια κυανή, μια πράσινη και τέλος μια κόκκινη ζώνη γύρω από τη λευκή. Αν φανείτε τυχεροί, μπορεί να δείτε έως και δύο τέτοια φάσματα φωτός. Τι προκαλεί αυτά τα στέμματα και γιατί ξεχωρίζονται σπάνια τα διάφορα χρώματά τους; Τι καθορίζει το πλάτος του στέμματος; Μπορείτε να προβλέψετε τη σειρά των χρωμάτων;

5.81
Στέμματα στα παγωμένα τζάμια

Αν περπατάτε στο δρόμο μια κρύα χειμωνιάτικη νύχτα, κοιτάξτε μέσα από το παγωμένο τζάμι ενός παράθυρου. Θα δείτε τότε τους γλόμπους που φωτίζουν το εσωτερικό του σπιτιού, να περιβάλλονται από έγχρωμα δαχτυλίδια. Στην αρχή θα σκεφτείτε ότι οι έγχρωμοι δαχτύλιοι είναι ίδιοι μ' αυτούς που παρατηρούνται στον ήλιο και τη σελήνη. Στο τζάμι, όμως, το είδωλο του γλόμπου περιβάλλεται από μαύρη ζώνη και όχι άσπρη, όπως είδαμε στο στέμμα του ήλιου ή της σελήνης (βλ. ερ. 5.80). Γιατί υπάρχει αυτή η διαφορά; Εξηγήστε και πάλι γιατί παράγονται αυτοί οι έγχρωμοι δακτύλιοι.

5.82
Το δαχτυλίδι του Bishop

Ένα διαφορετικό είδος στέμματος (και μάλιστα πολύ πλατύτερο, αφού έχει γωνιακό άνοιγμα 15°) είναι το άσπρο και καφεκόκκινο «Δαχτυλίδι του Bishop».

Αυτό προκαλείται από τη σκόνη που διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα μετά τις εκρήξεις των ηφαιστείων. (Έπειτα από μια έκρηξη ηφαιστείου, το φως του δύοντος ηλίου παίρνει μια όμορφη χρυσή απόχρωση και ο ουρανός γίνεται πολύ φωτεινός. Είναι πολύ πιθανό να φανεί κι ένα δεύτερο φως*, με χρώμα μενεξεδί, το οποίο μπορεί να κρατήσει αρκετές ώρες μετά τη δύση). Εάν είναι υπαρκτό το καφεκόκκινο χρώμα, τι μέγεθος έχουν τα σωματίδια που το προκαλούν; Το «δαχτυλίδι του Bishop» θα ήταν χρωματισμένο, αν υπήρχαν σωματίδια με μεγάλη ποικιλία μεγέθους;

*βλ. ερ. 5.60

5.83
Το στέμμα των φώτων του δρόμου

Σας προκάλεσαν ποτέ εντύπωση τα έγχρωμα δαχτυλίδια που περιβάλλουν τα φώτα του δρόμου; Η αιτία που προκαλεί το φυσικό φαινόμενο αυτό, έχει κάποια ομοιότητα μ' εκείνην που προκαλεί το στέμμα γύρω από τον ήλιο και τη σελήνη;

Υπάρχει πάντως ένα απλό τεστ, που δείχνει ότι υπάρχει μία τουλάχιστον διαφορά. Αν καλύψετε (στο οπτικό σας πεδίο) το γλόμπο του δρόμου ή του μαγαζιού, τον ήλιο ή τη σελήνη, τότε τα στέμματά τους θα φαίνονται και στις τρεις περιπτώσεις; Εάν κάποιο στέμμα εξαφανίζεται, πρέπει να εξηγήσετε σε τι διαφέρει από τα άλλα.

5.84
Το γαλάζιο φεγγάρι

Η γιαγιά μου καταγόταν από το Aledo, ένα χωριό του Τέξας με 100 κατοίκους όλους - όλους. Έλεγε λοιπόν για το γαλάζιο φεγγάρι ότι προκάλεσε κάποτε μεγάλη αναστάτωση στο χωριό της. Πόσο συχνά εμφανίζεται το γαλάζιο φεγγάρι; Γιατί γίνεται γαλάζιο; Μπορεί και ο ήλιος να γίνει γαλάζιος; Γίνονται ποτέ ο ήλιος ή το φεγγάρι πράσινα;

5.85
Κίτρινοι προβολείς ομίχλης

Γιατί είναι κίτρινα τα φώτα ομίχλης των αυτοκινήτων; Βοηθά πράγματι το κίτρινο χρώμα τους; Έχει σημασία, αν τα χρησιμοποιείτε μέσα στην πόλη ή στην εξοχή;

5.86
Η Γαλάζια ομίχλη

Υπάρχει μια παράξενη έγχρωμη «αραιή ομίχλη»*, που εμφανίζεται πάνω από τις καταπράσινες περιοχές, εάν δεν έχουν ρυπανθεί από τις «δραστηριότητες» του ανθρώπου. Ορισμένα βουνά της Αμερικής και της Αυστραλίας είναι πασίγνωστα για την όμορφη

γαλάζια «αραιή ομίχλη» τους. Τι προκαλεί την ομίχλη αυτή; Ο καπνός και το νέφος; Όχι βέβαια, αφού παρουσιάζεται σε σχεδόν ακατοίκητες περιοχές. Μήπως η σκόνη, που σκορπίζει ο άνεμος; Και πάλι όχι, διότι παίρνει βαθυγάλαζο χρώμα, όταν οι άνεμοι είναι ασθενικοί. Τέλος, η αραιή αυτή ομίχλη δεν μπορεί να είναι όμοια με τη γνωστή μας ομίχλη, διότι εμφανίζεται συνήθως το καλοκαίρι. Τι τέλος πάντων, είναι αυτό που προκαλεί την αραιή ομίχλη, και γιατί είναι γαλάζια;

*Σ. τ. Μ: Ακριβέστερα ανταποκρίνεται ο όρος «ξηρή αχλύς» (haze), που είναι αραιότερη από την ομίχλη και δεν αποτελείται από υδροσταγονίδια.

5.87

Σκιές στα θολά νερά

Γιατί βλέπετε τη σκιά σας πάνω στο νερό, όταν είναι λίγο θολό και όχι διαυγές; Για να δείτε τη σκιά των άλλων ανθρώπων το νερό πρέπει να είναι πολύ θολό. Γιατί; Μπορείτε επίσης να παρατηρήσετε τα χρώματα, που εμφανίζονται γύρω από τη σκιά του κεφαλιού σας στο θολό νερό. Το άκρο της σκιάς, που βρίσκεται προς το μέρος σας, έχει διαφορετικό χρώμα από εκείνο που βρίσκεται μακριά σας. Τι προκαλεί αυτόν τον χρωματισμό; Αλλάζουν τα χρώματα ανάλογα με την θέση που παίρνετε απέναντι στον ήλιο; (Αν δηλαδή τον κοιτάζετε ή αν του έχετε γυρισμένη την πλάτη).

5.88

Νερό με γαλακτερό χρώμα

Ρίξτε λίγες σταγόνες γάλα σ' ένα ποτήρι νερό, τοποθετήστε το μπρος στα μάτια σας και παρατηρήστε μετά απ' αυτό μια πηγή λευκού φωτός (μια λάμπα, για παράδειγμα). Η πηγή θα σας φανεί κόκκινη ή ελαφρά πορτοκαλί. Παρατηρήστε στη συνέχεια το φως που ανακλάται από το ποτήρι. Θα διαπιστώσετε ότι είναι γαλάζιο.

Τι προκαλεί αυτή την αλλαγή της απόχρωσης;

5.89

Το χρώμα, που έχει ο καπνός του τσιγάρου

Εάν εξετάσετε προσεκτικά τον καπνό που βγαίνει από το τσιγάρο, θα διαπιστώσετε ότι έχει πολύ ανοιχτό μπλε χρώμα· αν πάλι «καταπιείτε» τον καπνό, όταν τον βγάλετε, θα σας φανεί άσπρος. Πού οφείλεται αυτή η μεταβολή του χρώματός του; (Δεν οφείλεται ασφαλώς στο γεγονός της ελάττωσης της πίσσας και της νικοτίνης, που μπορούσε να υποψιαστεί κανείς για τη δεύτερη περίπτωση).

5.90

Το χρώμα του καπνού στην εξοχή

Ένα παρόμοιο φαινόμενο μ' αυτό της ερώτησης 5.89 παρατηρείται με τον καπνό από μικρές φωτιές, που ανάβουμε στην εξοχή.

Όταν το κοιτάζετε σ' ένα σκούρο φόντο (για παράδειγμα δέντρα), ο καπνός φαίνεται γαλάζιος. Όταν πάλι ανεβαίνει, πιο ψηλά και τον κοιτάζετε έχοντας φόντο το φωτεινό ουρανό, ο ίδιος καπνός φαίνεται κίτρινος.

Πώς δικαιολογείται αυτή η διαφορά του χρώματός του;

5.91

Χρωματισμοί των υμενίων λαδιού και σαπουνιού

Οι λεκέδες λαδιού που βλέπουμε στους δρόμους, είναι έγχρωμοι. Γιατί; Πόσο λεπτοί πρέπει να είναι αυτοί οι λεκέδες; Για να φανούν τα χρώματα, πρέπει να είναι βρεγμένος ο δρόμος; Τα χρώματα διακρίνονται, όταν είναι συννεφιασμένος ο ουρανός ή μόνο όταν τα φωτίζει άμεσα ο ήλιος; Εάν μπορείτε, υπολογίστε το πλάτος των έγχρωμων δακτυλίων και συγκρίνατε το αποτέλεσμά σας με το πλάτος, που μπορείτε να μετρήσετε πειραματικά. Το καθορισμένο μέγεθος του ήλιου μήπως επιδρά κατά κάποιο τρόπο στο θεωρητικό πλάτος των δακτυλίων;

Γιατί παρατηρούνται χρώματα πάνω στα υμένια του σαπουνιού; Ποιο είναι το πάχος τους και ποιο διάστημα τιμών πάχους τα κάνει έγχρωμα; Γιατί υπάρχουν πάνω τους μαύρες ζώνες; Γιατί τέλος υπάρχει ένα τόσο ευδιάκριτο όριο ανάμεσα στις έγχρωμες και τις μαύρες ζώνες; Το πέρασμα από τη μια στην άλλη δε θα έπρεπε να ήταν βαθμιαίο;

5.92

Χρώματα μετά το κολύμπι

Γιατί βλέπετε έγχρωμα δαχτυλίδια γύρω από τα φώτα, την ώρα που αναδύεστε από το νερό;

Διάθλαση

Διασκεδασμός

Κρυσταλλική δομή

Συμπίεση

5.93

Υγροί κρύσταλλοι

Εάν συμπιέσετε ένα δοχείο, που περιέχει υγρούς κρυστάλλους, θα εμφανιστούν διάφορα χρώματα γύρω από τις περιοχές που συμπιέστηκαν. Τα συγκεκριμένα όμως χρώματα που θα δείτε, εξαρτώνται από τη γωνία παρατήρησής τους. Τι το κοινό υπάρχει ανάμεσα στη γωνιακή εξάρτηση της διαδοχής των χρωμάτων και στην περίπτωση του υμενίου του λαδιού;

Εάν υπάρχει κάποια διαφορά, μπορείτε να την εξηγήσετε;

5.94

Τα χρώματα της πεταλούδας

Γιατί είναι έγχρωμα τα φτερά της πεταλούδας;

Μήπως επειδή υπάρχουν πιγμέντα; Σε ορισμένες περιπτώσεις ναι, σε άλλες όμως, όπως της πεταλούδας Morpho, τα χρώματα δεν οφείλονται σε πιγμέντα. Υπάρχει κάποια δυνατότητα να προσδιορίσουμε την προέλευση των χρωμάτων, αν κοιτάξουμε τα φτερά κάτω από διαφορετικές γωνίες. Θα δούμε τότε ότι αλλάζει η απόχρωση, όταν αλλάζει και η γωνία παρατήρησης. Γιατί;*

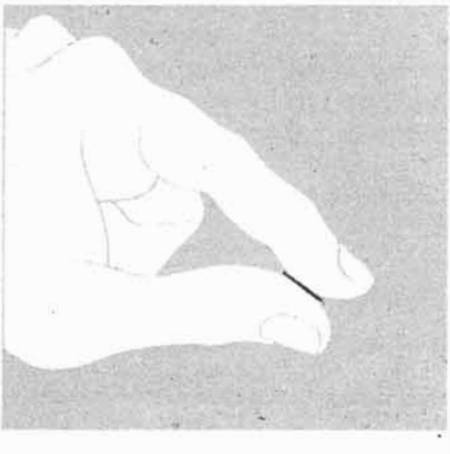
**Σ. τ. Μ: Το πιγμέντο (pigment) ορίζεται ως ένα στερεό υλικό στη μορφή μικρών διακριτών σωματιδίων, αδιάλυτο στο μέσο, στο οποίο περιέχεται. Το μέσο μπορεί να είναι ο αέρας, όπως στην περίπτωση του καπνού, ο οποίος συνίσταται από σωμάτια αιθάλης μέσα σε μια στήλη αέρα, το λάδι ή η συνθετική ρητίνη, όπως στην περίπτωση των ελαιοχρωμάτων, στα οποία υπάρχουν σωματίδια (π.χ. διοξείδιο του τιτανίου) αδιάλυτα μέσα σε λάδι ή συνθετική ρητίνη, η νιτροκυτταρίνη, όπως στην περίπτωση των βερνικιών κ.λ.π. Τα πιγμέντα είναι οργανικές ή ανόργανες ενώσεις, λευκά η έγχρωμα.*

Περίθλαση

5.95

Σκοτεινές γραμμές μέσα σ' ένα πηρούνι

Αν προσπαθήσατε ποτέ να φέρετε πολύ κοντά τον αντίχειρα και το δείχτη σας, χωρίς να έρθει σε επαφή ο ένας με τον άλλον, θα διακρίνατε, φαντάζομαι, ανάμεσά τους μια σκοτεινή γραμμή (εικ. 5.95). Πολλές σκοτεινές γραμμές του τύπου αυτού θα διακρίνετε μεταξύ των δοντιών ενός πηρουνιού, που το στριφογυρίζετε. Τι προκαλεί αυτές τις σκοτεινές γραμμές;



Εικόνα 5.95
Σκοτεινές γραμμές μεταξύ των δακτύλων σας.

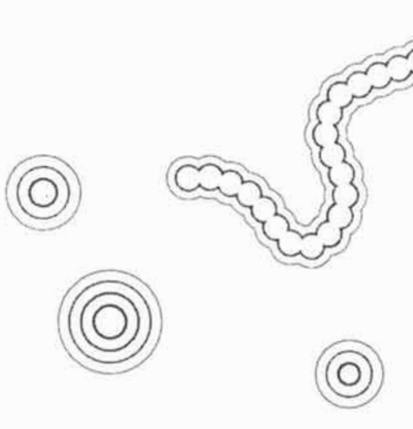
Μπορείτε να μαντέψετε αν θα μεγαλώσουν ή αν θα μικρύνουν οι αποστάσεις ανάμεσα στις γραμμές, όταν η ταχύτητα περιστροφής έχει ορισμένη τιμή;

5.96

Κηλίδες στα μάτια σας

Ποια είναι η προέλευση των μικρών και διάχυτων στιγμάτων, που βλέπετε συχνά να χοροπηδούν μέσα στο οπτικό σας πεδίο; Μήπως είναι οφθαλμαπάτη; Μήπως είναι κόκκοι σκόνης πάνω στην επιφάνεια του ματιού σας; Ή μήπως κάτι που βρίσκεται στο εσωτερικό του ματιού σας;

Αν κοιτάξετε μια φωτεινή πηγή μέσα από μία οπή που ανοίξατε σ' ένα αδιαφανές υλικό με καρφίτσα, θα ανακαλύψετε, ένα όμορφο σύνολο ομόκεντρων κύκλων και μακριές αλυσίδες που κινούνται ασταμάτητα (εικ. 5.96). Αν αυτές οι κηλίδες είναι απλά και μόνο σκιές, τότε γιατί βλέπεται αλυσίδες και ομόκεντρους κύκλους; Γιατί τέλος διακρίνετε τη δομή των στιγμάτων αυτών με τη βοήθεια της μικρής οπής;



Εικόνα 5.96
Δομές στιγμάτων που βλέπετε στο οπτικό σας πεδίο

5.97

Οι ακτίνες των αστεριών

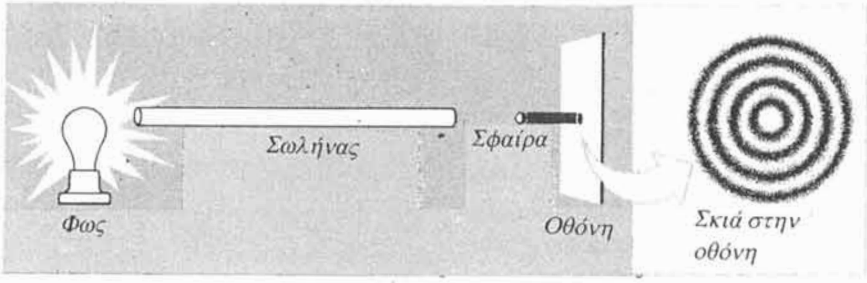
Τι προκαλεί την ακτινωτή λάμψη που εκπέμπουν οι προβολείς των αυτοκινήτων; Η αιτία δεν πρέπει να αναζητηθεί στη φυσιολογία και μόνο του ανθρώπινου ματιού, διότι και στις φωτογραφίες αποτυπώνεται ακτινωτή η λάμψη των προβολέων.

Εξηγήστε επίσης τι προκαλεί την ακτινωτή λάμψη των αστεριών, γεγονός που βλέπουμε στις φωτογραφίες τους. Είναι δυνατό να παρουσιαστεί οποιοσδήποτε αριθμός ακτίνων στη φωτογραφία ενός αστεριού ή ενός προβολέα; Ειδικότερα, είναι δυνατό ένα αστέρι να έχει περιττό αριθμό ακτίνων;

Διάθλαση

Συμβολή

Στρόβιλοι



Εικόνα 5.98
Διάταξη για την επίδειξη του φαινομένου σχηματισμού της κηλίδας του Poisson.

5.98

Η κηλίδα του Poisson

Γιατί υπάρχει μια φωτεινή κηλίδα στο κέντρο της σκιάς ενός μικρού δίσκου ή μιας μικρής σφαίρας (διαμέτρου 2 χιλιοστών), τη στιγμή που τα μεγαλύτερα αντικείμενα ρίχνουν τη συνηθισμένη μαύρη σκιά; Αν χρησιμοποιήσετε ένα σωλήνα από χαρτόνι και μια οθόνη (εικ. 5.98), θα ανακαλύψετε ότι δεν υπάρχει μια μόνο φωτεινή κηλίδα στη σκιά του δίσκου ή της σφαίρας αλλά ότι αποτελείται η κηλίδα αυτή από μια διαδοχή πολλών σκοτεινών και φωτεινών δαχτυλίων. Τι είναι αυτό που παράγει την κεντρική κηλίδα, την ονομαζόμενη κηλίδα του Poisson, και τι τους δακτυλίους; Γιατί δεν εμφανίζονται στη δική σας σκιά;*

**Όταν ο Fresnel παρουσίασε την εργασία του στην Ακαδημία Επιστημών, στις αρχές του 18ου αιώνα, ένα από τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, ο Poisson, του είπε πως, αν η ανάλυσή του ήταν σωστή, θα έπρεπε να υπάρχει μια φωτεινή κηλίδα στη σκιά ενός σφαιρικού αντικειμένου.*

Επειδή πίστευε ότι κάτι τέτοιο ήταν τελείως ανόητο, έβγαλε το συμπέρασμα ότι η μελέτη του Fresnel ήταν λανθασμένη.

Και όμως, η κηλίδα αυτή είχε παρατηρηθεί 60 χρόνια νωρίτερα· λίγο μετά το «συμπέρασμα» του Poisson ο Arago ανακάλυψε και πάλι αυτή τη φωτεινή κηλίδα. Παρόλα αυτά, κατά περίεργη σύμπτωση η κηλίδα αυτή συνδέθηκε με το όνομα αυτού, που αμφισβήτησε την ύπαρξή της!

5.99

Οι σκοτεινές ζώνες μιας έκλειψης

Μερικά λεπτά πριν και μερικά λεπτά μετά από μια ολική έκλειψη ηλίου εμφανίζονται σκοτεινές ζώνες, που τις ονομάζουμε ζώνες σκιάς, και κινούνται πάνω στο έδαφος. Η μια ζώνη απέχει από την άλλη μερικά εκατοστόμετρα και έχει πλάτος 2 εκατοστόμετρων περίπου. Τι προκαλεί την εμφάνιση αυτών των ζωνών, και γιατί εμφανίζονται κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης; Παράγονται στην ατμόσφαιρα της γης ή δημιουργούνται από το φως του ήλιου, που περνά εφαπτομενικά στη σελήνη;

5.100

Ηλιόγερμα με Σκιές

Την ώρα που δύει ο ήλιος, έχει παρατηρηθεί ένα άλλο σύνολο από ζώνες σκιάς. Ο** Ronald Ives **είχε κάνει έξι παρατηρήσεις μέσα σε 15 χρόνια, ενώ βρισκόταν σε κάποιο βουνό πάνω από μια κοιλάδα. Αυτές οι ζώνες είχαν πλάτος πολλά χιλιόμετρα και μετακινούνταν με ταχύτητα γύρω στα 60 χιλιόμετρα την ώρα. Μήπως αυτές οι σκοτεινές ζώνες είναι ακόμη παράδειγμα ζώνης σκιάς; Μπορείτε για όλες γενικά τις περιπτώσεις να εξηγήσετε πώς παράγονται οι ζώνες αυτές;

5.101
Ζώνες, που σχηματίζονται από την αντανάκλαση του ήλιου πάνω σε μια λίμνη

Ας υποθέσουμε ότι πετάτε με το αεροπλάνο σε κοντινή απόσταση πάνω από μια λίμνη. Αν βρεθείτε στην κατάλληλη γωνία ανάκλασης σε σχέση με τον ήλιο, θα παρατηρήσετε πάνω στη λίμνη μια διαδοχή σκοτεινών και φωτεινών ζωνών γύρω από το κύριο είδωλο του ήλιου. Γιατί συμβαίνει αυτό;

Διάθλαση

Στίλβη αστέρων

5.102
Το τρεμόσβημα των αστεριών

Γιατί σπιθίζει ένα αστέρι; Σε ποιο περίπου σημείο παράγεται το σπινθήρισμα αυτό; Ένα αστέρι αλλάζει χρώματα ή μετακινείται εξαιτίας του σπινθηρίσματος; Ένα κόκκινο αστέρι σπιθοβολεί περισσότερο από ένα άσπρο; Θα διακρίνετε το σπινθήρισμα, αν χρησιμοποιήσετε τηλεσκόπιο; Συμβαίνει το ίδιο τρεμόσβημα στη σελήνη και στους άλλους πλανήτες; Τι προκαλεί τη φεγγοβολή ενός αντικειμένου, όταν το παρατηρείτε, τη στιγμή που βρίσκεται πάνω από μια θερμή επιφάνεια π.χ. τη σκεπή ενός αυτοκινήτου ή το οδόστρωμα; Μέχρι ποιο ύψος από τη θερμή επιφάνεια επηρεάζεται η όρασή σας; Μήπως προκαλεί το φεγγοβόλημα ο αέρας, που βρίσκεται κοντά σας ή μακριά σας;

Φωτοχημεία

5.103
Το φως ξεβάφει

Πώς ξεβάφει τα ρούχα σας το φως του ήλιου; Ο ρυθμός αποχρωματισμού εξαρτάται από το χρώμα τους; Το φως του ήλιου και οι λάμπες φθορίου προκαλούν αποχρωματισμό των ελαιοχρωμάτων. Γιατί; Μερικά τρόφιμα και ποτά, όπως η μπύρα, δεν πρέπει να εκτίθενται στο ηλιακό φως. Γιατί; Μήπως υπάρχει κάποια συχνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, που είναι ιδιαίτερα καταστρεπτική;

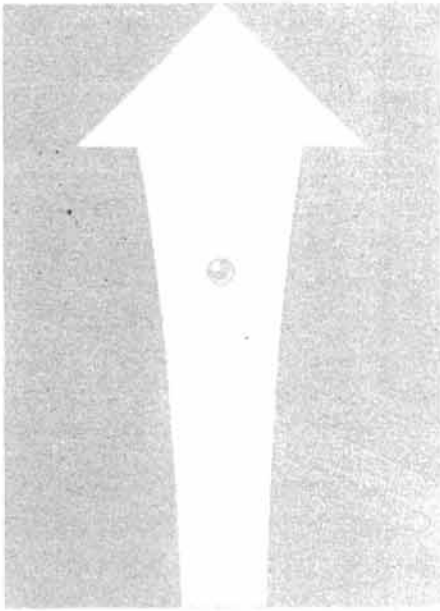
Διάθλαση

Δυνάμεις ακτινοβολίας

5.104
Πίδακες φωτός

Σε προηγούμενο κεφάλαιο του βιβλίου μας έχουμε ασχοληθεί με τους πίδακες αέρα ή νερού, που ανασηκώνουν σφαιρίδια*. Και στις δύο περιπτώσεις είχε παρατηρηθεί εκπληκτική ευστάθεια. Και το φως με τη σειρά του μπορεί να στηρίζει και να σταθεροποιεί σφαιρίδια. Το φως για παράδειγμα ενός σχετικά ισχυρού laser σήκωσε και κράτησε αιωρούμενα διαφανή γυάλινα σφαιρίδια, διαμέτρου 20 μικρών περίπου (εικ. 5.104). Πώς μπορεί και ανασηκώνει το φως ένα τέτοιο σφαιρίδιο, υπερνικώντας τη βαρύτητα; Και πώς εξασφαλίζεται η ευστάθειά του στις οριζόντιες μετακινήσεις;

*Βλ. ερωτ. 4.20 και 4.22.

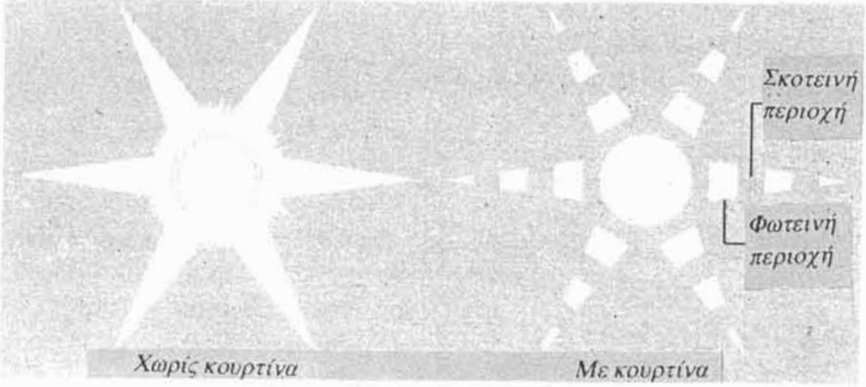


Εικόνα 5.104
Η γυάλινη σφαίρα αιωρείται μέσα στην αποκλίνουσα δέσμη Laser.
(Από τους A. Ashkin και J.M. Dziedzic, Appl, Phys. Let. 19,283, 1971)

Περίθλαση

5.105
Το φως μέσα από μια κουρτίνα

Το φως των προβολέων του αυτοκινήτου φαίνεται διαφορετικό, αν το κοιτάξουμε άμεσα και διαφορετικό αν το δούμε μέσα από ένα παραβάν (εικ. 5.105). Ποια είναι η αιτία αυτής της διαφοράς;



Εικόνα 5.105
Ο προβολέας ενός αυτοκινήτου φαίνεται διαφορετικός αν τον κοιτάξετε διαμέσου μιας κουρτίνας

Τα φαινόμενα του είδους που περιγράψαμε, δεν έχουν εξηγηθεί ικανοποιητικά. Μήπως θέλετε εσείς να κάνετε κάποιες υποθέσεις, για να τα στηρίξετε;*

***θλ. και ερώτ. 6.35.**

Ακτινοβολία «μέλανος σώματος»

Όραση

5.106
Το χρώμα των αστεριών

Μερικά αστέρια, φαίνονται κόκκινα· άλλα πάλι άσπρα. Υπάρχουν μπλε και πράσινα αστέρια;

5.107
Φωτεινοί σίφουνες

Έχουν γίνει πολλές αναφορές — μερικές μάλιστα δημοσιεύτηκαν — στις οποίες περιγράφονται τα παράξενα φώτα, που συνοδεύουν τους σίφουνες ξηράς. Αν και θεωρούνται συνήθως τα φώτα αυτά οφθαλμαπάτες, η δημοσίευση μιας τουλάχιστον φωτογραφίας που φαίνεται να παρουσιάζει μια φωτεινή στήλη ανάμεσα σε δύο νυχτερινούς σίφουνες, πρέπει να μας προβληματίσει.

Οι αυτόπτες μάρτυρες των ιδιόμορφων αυτών σίφουνων, έχουν δώσει περιγραφές αυτής της φωτεινής εκπομπής, που εξάπτουν τη φαντασία: «Το όμορφο γαλάζιο ηλεκτρικό φως που περιέβαλλε το σίφουνα, ήταν εντυπωσιακό, καθώς την ίδια ώρα ξεπετάγονταν πορτοκαλόχρωμες σφαίρες και αστραπές από την «προβοσκίδα» του σίφουνα. Σ' έναν άλλο σίφουνα ξηράς ένας μάρτυρας είδε τα παρακάτω: «Κοίταζα τα σύννεφα, όταν είδα κάτι, που έμοιαζε με φωτεινή δέσμη προβολέα, να βγαίνει από το σύννεφο και να καταλήγει στη γραμμή του ορίζοντα. Φαινόταν πιο φωτεινή από το σύννεφο. Το περίγραμμά της ήταν πεντακάθαρο, η ένταση ομοιόμορφη και οι πλευρές της παράλληλες. Το άνοιγμά της ήταν 1°. Το φαινόμενο ήταν πολύ ενδιαφέρον. Φόρεσα τα Polaroid γυαλιά μου και τα στριφογύρισα έτσι ώστε να εξακριβώσω αν το φως ήταν πολωμένο ή όχι. Δε διαπίστωσα πόλωση. Η δέσμη ήταν τόσο ορατή που την παρατήρησαν και οι άλλοι διαβάτες. Διήρκεσε 60 έως 120 δευτερόλεπτα περίπου. Έπειτα, η δέσμη αντικαταστάθηκε ξαφνικά από το «χωνί» του σίφουνα. Δεν παρατηρήθηκε κανένα ενδιάμεσο στάδιο. Ο σίφουνας μάλιστα δεν ξεπήδησε από τα σύννεφα αλλά φάνηκε ως δια μαγείας μπροστά μας».

Τριβοφωταύγεια

5.108
Η λάμψη της ζάχαρης

Ανακάτευα κάποτε αργά το βράδυ, ένα ποτήρι με ζάχαρη, όταν ξαφνικά το ποτήρι έβγαλε ένα φως. Συνέχισα το ανακάτεμα και είδα να ξεσπούν μικρές αστραπές στα τοιχώματα του ποτηριού. Η φωτεινή εκπομπή προκλήθηκε από τις μηχανικές τάσεις που ανέπτυξα στη ζάχαρη, ανακατεύοντάς την. Πώς όμως;

5.109
Πώς μαυρίζει το δέρμα από τον ήλιο;

Ποια είναι η πραγματική αιτία του μαυρίσματος και των εγκαυμάτων, που προκαλεί ο ήλιος; Η ίδια ζώνη συχνοτήτων είναι υπεύθυνη και για τα δύο φαινόμενα;

Αν κάποια μέρα εκτεθείτε για πολλή ώρα στον ήλιο, δεν είναι και τόσο εύκολο να καείτε, αν είχατε κάνει ηλιοθεραπεία τις προηγούμενες μέρες. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο αν εκτεθείτε για πολλή ώρα από την πρώτη φορά. Γιατί;

Η μελαχροινή επιδερμίδα μπορεί να καεί το ίδιο εύκολα, όσο η ανοιχτόχρωμη; Πώς αποτρέπουν τα διάφορα αντηλιακά τα εγκαύματα και πώς συντελούν στο μαύρισμα; Το βασικό ερώτημα, βέβαια, είναι αν έχουν τις

ιδιότητες, που τους αποδίδουν οι διαφημίσεις. Εάν εμποδίζουν τα εγκαύματα, δε θα έπρεπε να κάνουν το ίδιο και στο μαύρισμα;

Γιατί μαυρίζουμε και καιγόμαστε δυσκολότερα, όταν ο ήλιος είναι κοντά στον ορίζοντα και όταν βρισκόμαστε πίσω από τζάμι; Γιατί μας καίει δυσκολότερα ο ήλιος, όταν βρισκόμαστε σε μια αυλή με γκαζόν παρά όταν βρισκόμαστε στην ακρογιαλιά;



(Από το βιβλίο «Της Πόπης!» του Κώστα Μητρόπουλου - Εκδ. Gutenberg)

Φωτοχημεία

5.110

Οι πυγολαμπίδες

Το κυνήγι της πυγολαμπίδας στο σπίτι της γιαγιάς μου είναι μια από τις πιο όμορφες αναμνήσεις της παιδικής μου ηλικίας (εικ. 5.110).

Έχω διαβάσει ότι ακόμη πιο εντυπωσιακές είναι οι συγχρονισμένες σπίθες των Ασιατικών πυγολαμπίδων. Φανταστείτε ένα δέντρο ύψους 10 έως 15 μέτρων με πυκνή φυλλωσιά, σε κάθε φύλλο του μια πυγολαμπίδα, όλες τις πυγολαμπίδες να εκπέμπουν ταυτόχρονα φως, τρεις φορές κάθε δύο δευτερόλεπτα και τα μεσοδιαστήματα το δέντρο να είναι εντελώς σκοτεινό. Φανταστείτε ακόμη μια σειρά δέντρων μήκους 150 μέτρων δίπλα στην όχθη ενός ποταμού. Σε κάθε φύλλο μια πυγολαμπίδα και όλα τα έντομα, να λάμπουν ταυτόχρονα. Αν φέρετε αυτή την εικόνα στο μυαλό σας, θα διαμορφώσετε μια μικρή ιδέα αυτού του εκπληκτικού θεάματος. Ποιος μηχανισμός παράγει το φως που παρατηρούμε;

Όταν αναφέρουμε το φαινόμενο αυτό, μιλάμε για «ψυχρό» φως, δηλώνοντας έτσι ότι δεν υπάρχει καμιά απώλεια ενέργειας με μορφή θερμότητας.* (Αντίθετα, σε μια λάμπα πυράκτωσης έχουμε θερμική παραγωγή φωτός). Κατά την μετατροπή της ενέργειας σε φως η πυγολαμπίδα έχει απόδοση 100%; Τι χρώμα έχει αυτό το φως; Πώς καταφέρνουν τέλος οι ασιατικές πυγολαμπίδες και φέγγουν συντονισμένα;



Με την άδεια του John Hart.

***Σ. τ. Μ: Αυτός ο τρόπος παραγωγής φωτός λέγεται φωταύγεια.**

Βιοφωταύγεια.

5.111

Κι άλλοι φωτεινοί οργανισμοί.

Υπάρχουν κι άλλοι αυτόφωτοι οργανισμοί, πολλοί μάλιστα. Το «σκουλήκι-σιδηρόδρομος» της Βραζιλίας, για παράδειγμα, διαθέτει κόκκινο φως στο κεφάλι και πράσινο στα πλευρά. Μια άλλη ομάδα αποτελούν τα δινομαστιγωτά. Αυτά έχουν την ιδιορρυθμία να «βάζουν φωτιά στη θάλασσα» εαν τολμήσει κάποιος και τους χαλάσει την ησυχία (ένα

πλοίο για παράδειγμα). Τη νύχτα έχουν ηπιότερες αντιδράσεις, εκπέμπουν δηλαδή μια γαλάζια αίγλη. Ένα είδος οστρακόδερμων ενεργεί με τον ακόλουθο τρόπο: Όταν τα ξεράνουμε και στη συνέχεια τα βρέξουμε, εκπέμπουν φως. Αξίζει να σημειώσουμε οτι τα οστρακόδερμα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως πηγή φωτός από τους Γιαπωνέζους στο Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, σε περιπτώσεις που δεν ήθελαν να χρησιμοποιήσουν μια δυνατή πηγή φωτός, η οποία θα τους προκαλούσε κινδύνους. Φτύνοντας λοιπόν πάνω σ' ένα οστρακόδερμο, είχαν στη διάθεσή τους αρκετό φωτισμό για να μελετήσουν ένα στρατιωτικό χάρτη. Έχουν αναφερθεί κι άλλα παραδείγματα φυσικού φωτισμού, πιο παράξενα ακόμα. Κομμένες πατάτες κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, ακτινοβολούν τόσο ώστε μπορούμε να διαβάσουμε μέσα σ ένα σκοτεινό δωμάτιο. Στην περίπτωση των δινομαστιγωτών, μπορείτε να εξηγήσετε γιατί βγάζουν κόκκινη λάμψη την ημέρα και γαλάζια το βράδυ; Τι προκαλεί τη φωτεινή ακτινοβολία σ' όλα τα παραδείγματα που παραθέσαμε;

Φωτοχημεία.

Εκπομπή.

5.112

Φωτοευαίσθητα γυαλιά ηλίου.

Μερικά γυαλιά είναι ανοιχτόχρωμα, όταν τα φοράτε μέσα στο σπίτι, σκουραίνουν όμως, όταν εκτεθείτε στον ήλιο. Αν ο ήλιος σκοτεινιάσει ξαφνικά, αποκτούν και πάλι ανοιχτό χρώμα. Τι προκαλεί την αντιστρεπτή μεταβολή στην οπτική διαπερατότητα του γυαλιού;

Φθορισμός.

5.113

Φθορίζουσες αφίσες.

Τα γράμματα μιας αφίσας γίνονται ορατά, όταν τα φωτίζουμε με υπεριώδες φως. Γιατί; Το ίδιο φυσικό φαινόμενο επιτρέπει σ' αυτούς που παράγουν απορρυπαντικά, να διακηρύσσουν οτι τα προϊόντα τους δίνουν στα ρούχα «το λευκότερο λευκό». Πώς τα καταφέρνουν;

Φθορισμός

Φωσφορισμός.

5.114

Λάμπες φθορισμού.

Πώς παράγεται η υπεριώδης ακτινοβολία και πώς μετατρέπεται σε ορατή μέσα στους λαμπτήρες φθορισμού; Ποια πρέπει να είναι η ταχύτητα του μετασχηματισμού αυτού; Δε θα θέλατε βέβαια να ήταν τόσο μεγάλη ώστε να φανερώνει ή φωτεινή εκπομπή της λάμπας τη συχνότητα των 50Hz που έχει το ηλεκτρικό ρεύμα τροφοδοσίας. Δε θα επιθυμούσατε επίσης να διατηρείται το φως της για πολλή ώρα μετά το κλείσιμο του διακόπτη.

Φυσιολογική οπτική. (5.115 έως 5.141)

Συμφωνία φάσης.

Συμβολή.

5.115

Τα σχήματα των κηλίδων.

Εάν παρατηρήσετε ένα κομμάτι μαύρο λείο χαρτί υπό γωνία 45^{o} σε σχέση με τη διεύθυνση του ηλιακού φωτός, θα διακρίνετε μια πολύχρωμη κοκκώδη κηλίδα να «χορεύει» πάνω στο χαρτί. Τα σχήματα αυτά παρουσιάζονται εντονότερα κάτω από το φως του laser. Το ηλιακό φως όμως είναι πιο πρακτικό. Και στις δύο περιπτώσεις η κηλίδα θα μετακινηθεί, αν μετακινήσετε το κεφάλι σας, με τη διαφορά πάντοτε ότι θα έχει την ίδια διεύθυνση μ' αυτό, αν έχετε φυσιολογική όραση και αντίθετη αν έχετε μυωπία ή υπερμετρωπία. Τι παράγει αυτές τις κηλίδες και γιατί είναι έγχρωμες; Πώς εξηγείται, τέλος, η κίνησή τους και γιατί εξαρτάται από τη φυσιολογική ή οχι όρασή σας;

Στροβοσκοπικό φαινόμενο.

5.116

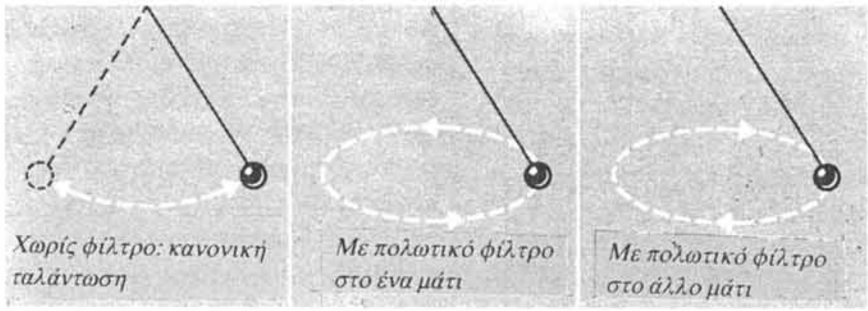
Μουρμουρητό και όραση.

Εάν μουρμουρίζεται, κοιτάζοντας από κάποια απόσταση την τηλεόραση, θα εμφανιστούν στην οθόνη της οριζόντιες γραμμές. Μπορείτε μάλιστα, αν θέλετε, είτε να τις κάνετε να κινηθούν προς τα πάνω ή προς τα κάτω είτε να τις κρατήσετε ακίνητες, ρυθμίζοντας ανάλογα το ύψος του μουρμουρητού σας.
Μπορείτε να πειραματισθείτε ανάλογα, αν χωρίσετε σε μαύρες και άσπρες περιοχές ένα δίσκο γραμμοφώνου. Τοποθετήστε το δίσκο στο πικ-απ και φροντίστε να περιστραφεί. Φωτίζοντάς τον στη συνέχεια μ' ένα στροβοσκόπιο, μπορείτε αν επιλέξετε κατάλληλα τη συχνότητα φωτισμού, να «ακινητοποιήσετε» το δίσκο ή να τον αναγκάσετε να περιστραφεί αργά, ακολουθώντας την ορθή ή και την αντίθετη φορά. Το ίδιο αποτέλεσμα θα έχετε, αν μουρμουρίζετε με την κατάλληλη συχνότητα. Γιατί επηρεάζει το μουρμουρητό τη όρασή σας;

Λανθάνουσα οπτική κατάσταση.

Ένταση φωτός.

Στροβοσκοπικό φαινόμενο.



Εικόνα 5.117

5.117

Τα γυαλιά ηλίου παραμορφώνουν την κίνηση.

Κοιτάξτε μέσα από ένα σκούρο φίλτρο (π.χ. το γυαλί ενός ζευγαριού σκούρων γυαλιών ηλίου) την αιώρηση ενός εκκρεμούς. Αν και γνωρίζετε ότι η κίνησή του γίνεται πάνω σ' ένα επίπεδο, το εκκρεμές, όσο το κοιτάτε μέσα από το φίλτρο, δίνει την εντύπωση ότι με την ταλάντωσή του γράφει μια έλλειψη. Για κάθε αμύητο κατανυτά μυστήριο αυτό το εκπληκτικό φαινόμενο. Η φαινομενική τρισδιάστατη κίνηση μπορεί να τονισθεί περισσότερο, αν κρεμάσετε μαζί με το εκκρεμές ένα σπάγκο που θα χρησιμεύει ως άξονας και γύρω του θα φαίνεται πως περιστρέφεται το εκκρεμές.

Εάν οδηγείτε φορώντας ένα μόνο γυαλί ηλίου, η ταχύτητα του αυτοκινήτου που θα σας προσπεράσει από αριστερά, θα σας φανεί πολύ διαφορετική από την ταχύτητα εκείνου που θα σας προσπεράσει από τα δεξιά, αν και στην πραγματικότητα είναι ίσες. Η φαινομένη ταχύτητα και στις δύο περιπτώσεις δεν είναι ίδια με την πραγματική. Οι φαινόμενες αποστάσεις διαφόρων αντικειμένων, που διακρίνουμε, είναι ψεύτικες. Η παραμόρφωση αυτή εξαρτάται πάλι από τη θέση που έχουν αυτά σε σχέση με το αυτοκίνητό σας.

Τι προκαλεί τη φαινομενική τρισδιάστατη κίνηση του εκκρεμούς; Ποιο ακριβώς ρόλο παίζουν τα γυαλιά ηλίου μ' ένα μόνο τζάμι στην κίνηση αυτή και στην παραμόρφωση των ταχυτήτων και των αποστάσεων, που έχουν τα αντικείμενα;

5.118

Ψυχεδελικά σχήματα μπροστά στην οθόνη της T.V.

Εάν ζωγραφίσετε ένα σχήμα σε μια επίπεδη επιφάνεια και στη συνέχεια την περιστρέψετε μπροστά στην οθόνη της τηλεόρασης, το ζωγραφισμένο σχήμα θα γίνει ψυχεδελικό· (Η εικόνα της τηλεόρασης πρέπει να είναι σταθερή και να μην υπάρχει άλλος φωτισμός στο δωμάτιο). Η ψυχεδελική εικόνα προέρχεται αναμφίβολα από το σχήμα που ζωγραφίσατε· όμως, σε τι χρησιμεύει το φως της τηλεόρασης;

5.119

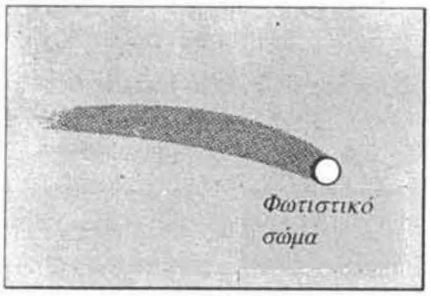
Το άλμα στο βλέμμα ενός ονειροπόλου.

Θέλετε να διακρίνετε ένα αμυδρό αστέρι, που γειτονεύει μ' ένα λαμπερό; Κοιτάξτε δίπλα τους! Με τον τρόπο αυτό αυξάνονται οι πιθανότητες να το δείτε. Γιατί;

5.120

Μπλε τόξα του αμφιβληστροειδούς χιτώνα.

Ένα άλλο πρόβλημα, που αφορά στη φυσιολογία της όρασης και ερευνάται τελευταία με ιδιαίτερη προσοχή, είναι τα μπλέ τόξα του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Πρώτος ο φυσιολόγος J. Purkinje το 19ο αιώνα, ανάφερε ότι είδε τα τόξα αυτά, ενώ επιχειρούσε ν' ανάψει φωτιά. Είδε λοιπόν για 30 περίπου δευτερόλεπτα, δύο τόξα, που είχαν αφετη-



Εικόνα 5.120
Μπλε τόξο στο οπτικό πεδίο του αριστερού σας ματιού

ρία τους μια πυρακτωμένη σκλήθρα.

Κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορείτε να δείτε και σεις κάτι παρόμοιο. Ανοίξτε μια μικρή τρύπα σε μια κάρτα και τοποθετήστε την μπροστά σ' ένα σβησμένο φωτιστικό σώμα. Καθήστε για ένα περίπου λεπτό στο κατασκότεινο δωμάτιο και αμέσως μετά ανάψτε το φωτιστικό. Θα δείτε για ένα περίπου δευτερόλεπτο μπλε τόξα, το σχήμα των οποίων εξαρτάται από το σχήμα της τρύπας (εικ.5.120). Ποιά είναι η αιτία των φωτεινών αυτών τόξων του διάχυτου φωτός, τα οποία δημιουργούνται στο εσωτερικό του ματιού; Γιατί είναι πάντοτε μπλε; Δεν έχει σχέση το χρώμα αυτό με το χρώμα του διάχυτου φωτός; Μήπως οφείλεται σε βιοφωταύγεια το χρώμα των τόξων; Μήπως σε δευτερεύουσες ηλεκτρικές διεγέρσεις νευρικών ινών ή νευρώνων από άλλες ενεργές νευρικές ίνες; Αν αληθεύει το τελευταίο, τότε το σχήμα των τόξων, ως συνέπεια του σχήματος των διεγέρσεων, μας δίνει πληροφορίες για την τοπογραφία του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Όπως και να 'χει το πράγμα, παραμένει πάντα η μεγάλη μας απορία για το μπλε τους χρώμα.

5.121

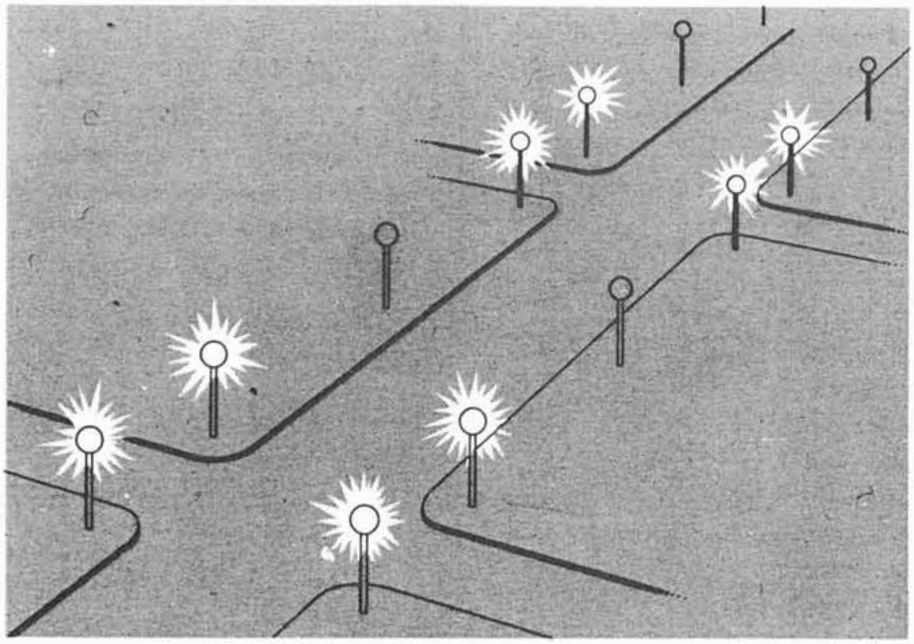
Τα φώτα της πόλης.

Με την πρώτη ευκαιρία που θα σας παρουσιαστεί, οδηγώντας το αυτοκίνητό σας την ώρα που σουρουπώνει, θυμηθείτε να παρατηρήσετε τα φώτα των στύλων μιας λεωφόρου, τη στιγμή που ανάβουν. Θα διαπιστώσετε ότι δεν ανάβουν ταυτόχρονα τα φώτα δύο συνεχόμενων διασταυρώσεων. Χρειάζεται πράγματι τόσο χρόνο το ηλεκτρικό ρεύμα, για να ταξιδέψει από τη μια διασταύρωση στην άλλη; Αν, μάλιστα, εκτός από τα φώτα των διασταυρώσεων υπάρχουν και άλλα φώτα ανάμεσά τους, θα διαπιστώσετε ότι τα τελευταία φώτα ανάβουν ακόμη πιο καθυστερημένα (εικ.5.121). Το γεγονός δεν οφείλεται ασφαλώς σε καθυστέρηση του ρεύματος. Ποια αιτία προκαλεί το φαινόμενο;

5.122

Φωτοφάνεια.

Όσοι από τους φυλακισμένους είναι έγκλειστοι σε σκοτεινά κελιά, βλέπουν διάφορα οπτικά φαινόμενα (το «σινεμά του κρατουμένου») στο απόλυτο σκοτάδι. Το ίδιο συμβαίνει και στους οδηγούς, που ταξιδεύουν για πολλή ώρα σε χιονισμένα τοπία. Τα φαινόμενα αυτά που τα ονομάζουμε φωτοφάνειες, εμφανίζονται όταν δεν υπάρχει εξωτερικό ερέθισμα. Μπορείτε να προκαλέσετε όποτε θέλετε, μια φωτοφάνεια, αρκεί να πιέσετε με τα δάχτυλα τα κλειστά μάτια σας. Μερικά παραισθησιογόνα προκαλούν φαντασμαγορικές παραστάσεις φωτοφανειών· τα ηλεκτρικά σοκ επίσης. Το 18ο αιώνα ήταν πολύ της μόδας οι εσπερίδες φωτοφανειών. Λέγεται μάλιστα ότι σε μια απ' αυτές πήρε μέρος και



Εικόνα 5.122

ο Βενιαμίν Φραγκλίνος. Σ' αυτές τις συγκεντρώσεις λοιπόν πιανόντουσαν από τα χέρια και σχημάτιζαν κύκλο. Οι δύο ακραίοι του κύκλου άγγιζαν τους πόλους μιας γεννήτριας στατικού φορτίου υψηλής τάσης. Κάθε φορά που άνοιγαν ή έκλειναν το «κύκλωμα», έβλεπε φωτοφάνειες ολόκληρη η ομήγυρη.

Το 1819 ο Τσέχος φυσιολόγος Johanne Purkinje εξέδωσε μια λεπτομερή μελέτη για τις φωτοφάνειες, στην οποία περιέγραφε ότι τοποθετούσε ένα ηλεκτρόδιο στο μέτωπό του και ένα άλλο στο στόμα του. Ανοιγοκλείνοντας πολύ γρήγορα το κύκλωμα, κατάφερνε οχι μόνο να δημιουργεί φωτοφάνειες αλλά και να τις σταθεροποιεί.

Η μελέτη των φωτοφανειών έπαψε πια να έχει ακαδημαϊκό χαρακτήρα· οι σύγχρονες εργασίες απέδειξαν ότι οι τυφλοί, στους οποίους και έγιναν απεικονίσεις φωτοφανειών, μπορούν να αποκτήσουν στο μέλλον τεχνητή όραση. Η διάταξη συναπαρτίζεται από μια δοκιμαστική μικροσκοπική κάμερα τηλεόρασης, τοποθετημένη μέσα σ' ένα τεχνητό μάτι. Η κάμερα αυτή στέλνει τα ηλεκτρικά της σήματα σ' ένα μικρό ηλεκτρονικό υπολογιστή, τοποθετημένο μέσα σ' ένα ζευγάρι γυαλιά. Ο Computer ενεργοποιεί με τη σειρά του τον εγκέφαλο με τη βοήθεια ενός δικτύου ηλεκτροδίων, προσαρμοσμένων στον ινιακό λοβό. Όταν, λοιπόν εντοπίζει η κάμερα ένα αντικείμενο στο αριστερό τμήμα του οπτικού πεδίου, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ενεργοποιεί το ηλεκτρόδιο, το οποίο και παράγει μια εικόνα φωτοφανειών στο αριστερό μέρος του πεδίου της όρασης. Με τον τρόπο αυτό καταφέρνει να δει ο άνθρωπος τον εξωτερικό κόσμο. Οι οπτικές απεικονίσεις που περιγράψαμε, παράγονται με διεγέρσεις ηλεκτρικές ή διεγέρσεις πιέσεως, όταν δεν υπάρχει κανένα εξωτερικό ερέθισμα. Γιατί;

5.123

Κηλίδες μπροστά στα μάτια σας.

Εάν στηλώσετε το βλέμμα σας στον καθαρό ουρανό, θα διαπιστώσετε ότι το οπτικό σας πεδίο είναι γεμάτο από μικρές κινούμενες κηλίδες. Οι κηλίδες αυτές υπάρχουν μόνιμα μπροστά στα μάτια σας, άσχετα αν δε διακρίνονται τις περισσότερες φορές. Η σπασμωδική κίνησή τους φαίνεται τυχαία· όμως, εάν παρακολουθήσετε το σφυγμό σας την ώρα που χοροπηδούν, θα ανακαλύψετε ότι η κίνησή τους έχει άμεση σχέση με τους ρυθμικούς χτύπους της καρδιάς σας. Θα παρατηρήσετε επίσης ότι οι κηλίδες αυτές διατρέχουν μια ορισμένη διαδρομή μέσα στο οπτικό σας πεδίο. Τι είναι αυτές οι κηλίδες; Τι προκαλεί τη σπασμωδική κίνησή τους κατά μήκος ορισμένων διαδρομών;

5.124

Οι σκιές του Purkinje.

«Εφτά φορές
κλείνεις τα μάτια
Όμως την όγδοη
καταδικάζεις μονομιάς.»*

Μπ. Μπρεχτ

Κλείστε τα μάτια σας, σκεπάστε το ένα από τα δύο με το χέρι σας και στρέψτε το πρόσωπό σας προς ένα δυνατό φως. Κουνήστε τώρα περιοδικά το άλλο σας χέρι, με τεντωμένα τα δάχτυλα μπροστά από το πρόσωπό σας. Μ' αυτόν τον τρόπο οι σκιές των δαχτύλων σας θα περνάνε περιοδικά πάνω από εκείνο το μάτι σας που είναι βέβαια κλειστό αλλά και εκτεθειμένο στο φως, αφού δεν είναι σκεπασμένο από το χέρι σας. Στο κέντρο του οπτικού σας πεδίου θα δείτε ένα σχηματισμό από σκοτεινά και φωτεινά τετράγωνα, όμοιο με σκακιέρα. Πιο χαμηλά θα διακρίνετε εξάγωνα ή ακανόνιστα σχήματα.

Εάν επαναλάβετε το πείραμα, στραμμένοι προς το φως του ήλιου, θα δείτε ακόμη αστέρια με οκτώ ακτίνες και διάφορες σπειροειδείς γραμμές. Ποια αιτία προκαλεί τα ποικίλα σχήματα που αναφέραμε;

*Σ.τ.Μ: «Κατακλυσμός» από τη συλλογή «Ποιήματα» (Εκδ. Θεμέλιο)

5.125

Σκιές στα μάτια σας μετά το ξύπνημα.

Όταν ξυπνήσετε, αμέσως μόλις ανοίξετε τα μάτια σας και αντικρύσετε το ηλιόλουστο δωμάτιό σας, θα διαπιστώσετε ότι επιπλέουν σκοτεινές κηλίδες μέσα στο οπτικό σας πεδίο. Γιατί; Αν είναι σκιές αντικειμένων, οι οποίες πέφτουν στα μάτια σας, γιατί δεν τις βλέπετε πάντα και γιατί εξαφανίζονται τόσο γρήγορα μετά από το πρωϊνό σας ξύπνημα;

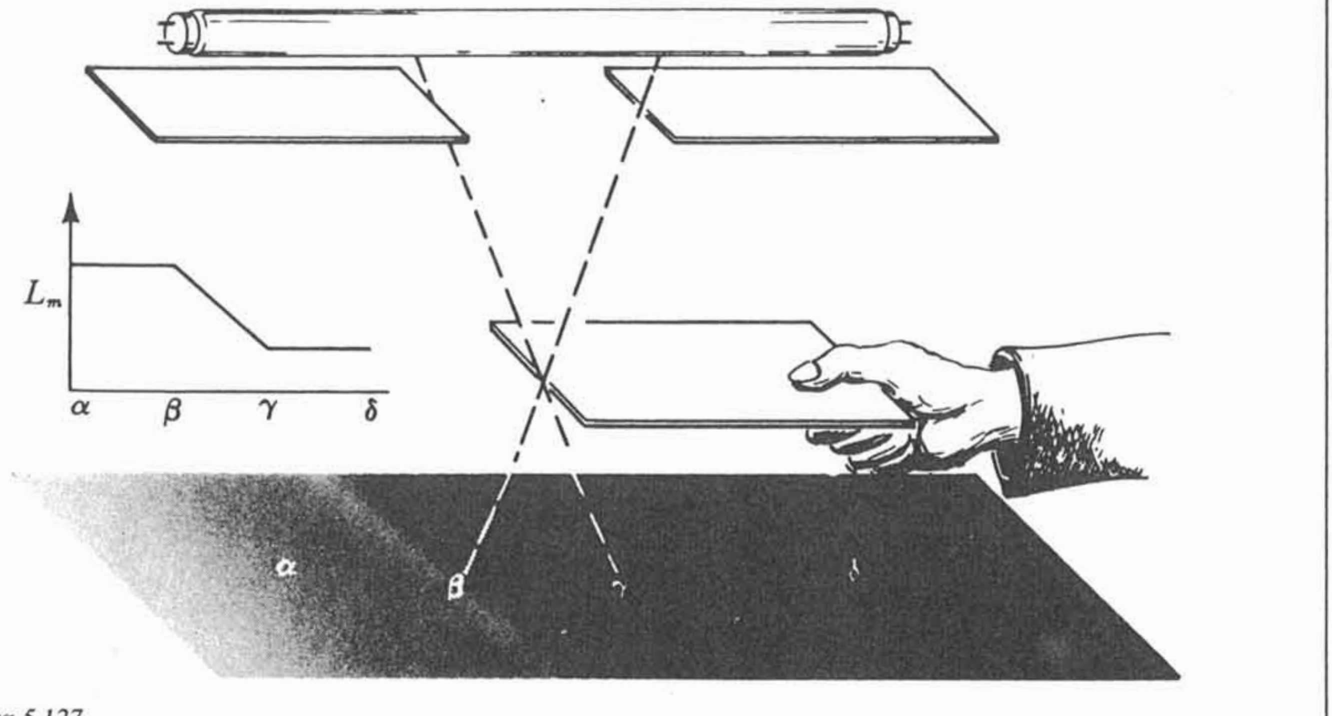
5.126
Το φαινόμενο του Purkinje.

Μια απόχρωση του γαλάζιου μπορεί να είναι φωτεινότερη από μια απόχρωση του κόκκινου, όταν ο φωτισμός είναι αμυδρός. Όταν ο φωτισμός είναι ισχυρός, συμβαίνει το αντίθετο. Γιατί εξαρτάται η φωτεινότητα του κόκκινου και του γαλάζιου από την ένταση του φωτισμού;

5.127
Οι ζώνες του Mach.

Πόσο ευκρινές είναι το περίγραμμα της σκιάς σας, όταν σας φωτίζει μια ισχυρή πηγή φωτός, όπως ο ήλιος; Εάν παρατηρήσετε προσεκτικά, θα διακρίνετε δύο σκιές: μια φωτεινότερη, που ονομάζεται παρασκιά, και μια σκοτεινότερη, η οποία και περιβάλλει την προηγούμενη. Το εσωτερικό περίγραμμα της παρασκιάς συνορεύει με μια σκοτεινή ζώνη και το εξωτερικό της με μια φωτεινή. Η σκιά του σώματός σας δεν αποτελεί προφανώς εξαίρεση του κανόνα, αφού όλες οι σκιές διαθέτουν τα ίδια χαρακτηριστικά (αν και έχουν πολυπλοκότερες μορφές, όταν φωτίζονται από πολλές φωτεινές πηγές). Η εικ.5.127 δείχνει πώς μπορείτε να παρατηρήσετε το περίγραμμα μιας σκιάς, χρησιμοποιώντας ένα χαρτόνι, που το κρατάτε μπροστά από μια λάμπα φθορισμού. Γιατί εμφανίζεται η παρασκιά και οι δυο ζώνες της (φωτεινή και σκοτεινή); Μπορείτε να τις φωτογραφήσετε;*

*Όταν γίνονταν οι πρώτες προσπάθειες να μετρηθεί το μήκος κύματος των ακτίνων Χ, μερικοί φυσικοί χρησιμοποίησαν το φαινόμενο που περιγράψαμε, νομίζο-



Εικόνα 5.127
Διάταξη για την επίδειξη του φαινόμενου εμφάνισης των Ζωνών του Mach. Η λάμπα φθορισμού βρίσκεται 30cm περίπου πάνω από το πέτασμα ενώ το χαρτόνι 3 έως 15cm πάνω απ' αυτό.
Το διάγραμμα δείχνει τη φωτεινότητα των διαφόρων σημείων του πετάσματος. (Από το βιβλίο: Quantitative Studies on Neural Networks in the Retina του Floyd Ratliff, εκδ, Holden - Day, Inc).

ντας ότι πρόκειται για περίθλαση των ακτίνων X μέσα από μικρές σχισμές. Είχαν εντοπίσει δηλαδή στα φίλμς σκοτεινές και φωτεινές ζώνες, με τη βοήθεια των οποίων υπολόγισαν το μήκος κύματος των ακτίνων X. Δυστυχώς γι' αυτούς άλλες μεταγενέστερες εργασίες αποκάλυψαν ότι οι ζώνες αυτές ήταν όμοιες με αυτές που παρατηρείτε στη σκιά σας και δεν είχαν καμιά σχέση με την περίθλαση των ακτίνων X.

Χρωματικό φαινόμενο Land.

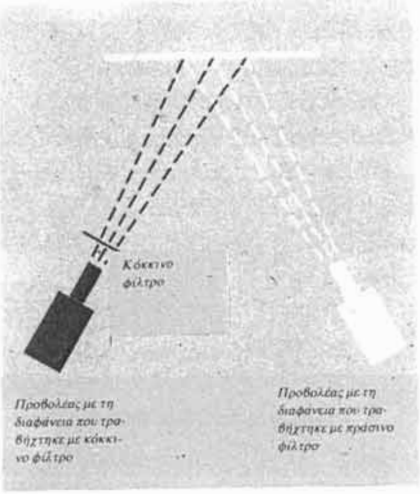
Χρωματική αίσθηση.

5.128

Δείτε τα χρώματα της σκέψης σας.

Εάν ένα αντικείμενο φαίνεται γαλάζιο, το γαλάζιο φως πρέπει να εκπέμπεται από το ίδιο. Συμφωνείτε; Κάθε χρώμα εξάλλου που γίνεται ορατό, αντιστοιχεί στο φως μιας ορισμένης συχνότητας ή ενός ορισμένου συνδυσμού συχνοτήτων. Λογικά όλα αυτά· οχι όμως και για τον Edwin Land που κατάφερε ένα καίριο χτύπημα στην ερμηνεία που προαναφέρουμε, κάνοντας μερικά πειράματα, που μπορείτε να τα κάνετε και σεις.

Τι χρώμα θα έχουν δύο ασπρόμαυρες διαφάνειες (slides) από τις οποίες η μια τραβήχτηκε με την παρεμβολή κόκκινου φίλτρου και η άλλη πράσινου; «Φυσικά ασπρόμαυρο χρώμα», θα απαντήσετε. Άλλωστε, πώς είναι δυνατό να έχουμε διαφορετικό αποτέλεσμα με μαυρόασπρο φίλμ; Στη συνέχεια χρησιμοποιήστε δύο συσκευές προβολής για να προβάλετε, ταυτόχρονα τις δύο διαφάνειες στην ίδια οθόνη (εικ.5.128). Χρησιμοποιήστε ένα κόκκινο φίλτρο για τη διαφάνεια που τραβήξατε με κόκκινο φίλτρο· για την προβολή της διαφάνειας που τραβήξατε με πράσινο φίλτρο, αρκεσθείτε στο λευκό φυσικό φως του προβολέα. Τι θα δείτε στην οθόνη; Μολονότι είναι ασπρόμαυρες οι διαφάνειες και μοναδικό έγχρωμο φως είναι το κόκκινο, η ταυτόχρονη προβολή στην οθόνη (με την επικάθιση της μιας διαφάνειας στην άλλη) αναπαράγει την αρχική ποικιλία των χρωμάτων του αντικειμένου που φωτογραφίσατε. Τα φίλτρα δεν έχουν τίποτα το ξεχωριστό. Χρειάζεστε μόνο δύο χρώματα ή ένα μόνο και το φυσικό λευκό φως. Οι δύο διαφάνειες δε χρειάζονται δύο διαφορετικά χρώματα· μπορούν να τραβηχτούν στο ίδιο χρώμα, αρκεί μόνο να είναι λίγο διαφορετική η συχνότητα φωτός που χρησιμοποιούμε για τη μια, σε σύγκριση μ' αυτήν που χρησιμοποιούμε για την άλλη.



Εικόνα 5.128
Διάταξη για την επίδειξη του φαινόμενου Land.

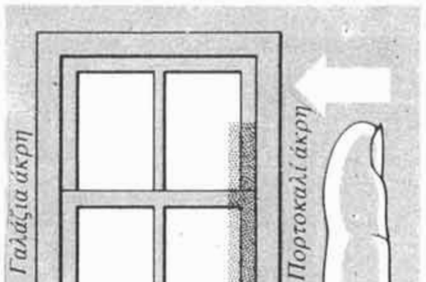
Πώς είναι δυνατή η αναπαραγωγή των αρχικών χρωμάτων ενός αντικειμένου, μολονότι φαίνεται ότι έχει εξαφανισθεί η χρωματική πληροφορία στις δύο διαφάνειες; Σας ερωτώ τώρα για τελευταία φορά: Εάν ένα αντικείμενο φαίνεται γαλάζιο, το γαλάζιο φως προέρχεται αναγκαστικά απ' αυτό;

Χρωματικό σφάλμα.

5.129

Χρώματα με το δάχτυλο.

Σταθείτε απέναντι από ένα παράθυρο που το φωτίζει ο ήλιος, κλείστε το ένα μάτι σας και κινήστε το δάχτυλό σας μπροστά από το άλλο μάτι, που είναι ανοιχτό. Όταν αρχίζει το δάχτυλό σας να πλησιάζει και να παραμορφώνει την εικόνα του παραθύρου, η άκρη εκείνη της εικόνας, που βρίσκεται κοντά στο δάχτυλό σας, γίνεται πορτοκαλόχρωμη (εικ.5.129.). Όταν πλησιάζει το δάχτυλό σας το άλλο άκρο, η εικόνα γίνεται γαλάζια. (Αν χρησιμοποιήσετε μια ηλεκτρική λάμπα για φωτισμό του παραθύρου, θα επαναληφθεί το φαινόμενο που περιγράψαμε, με μια μικρή δια-



Εικόνα 5.129
(Από τους S.F. Jacobs και A.B. Stewart, Amer. J. Phys., 20,247, 1952)

φορά: το γαλάζιο θα είναι κάπως εξασθενημένο). Γιατί εμφανίζονται τα χρώματα αυτά και γιατί παίρνουν διαφορετικό χρώμα τα δύο αντίθετα άκρα του παραθύρου;

τητα περιστροφής, δε θα διακρίνετε τα διάφορα χρώματα αλλά μικρές σπίθες με χρώμα ροζ - βιολετί και γκριζοπράσινο, οι οποίες θα σας δίνουν την εντύπωση ότι πηδάνε από το δίσκο. Ο δίσκος της εικόνας 5.130 θα σας παρουσιάσει ταυτόχρονα και τα τρία φαινόμενα. Γιατί βλέπετε αυτά τα χρώματα; Γιατί πρέπει να κοιτάζετε επίμονα το δίσκο για μερικά λεπτά, έως όταν φανούν τα χρώματα;

Χρωματική αντίληψη

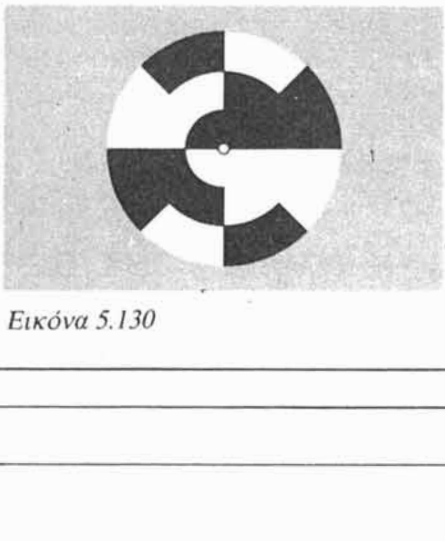
5.130

Χρώματα από έν' ασπρόμαυρο δίσκο

Είναι δυνατό να δούμε χρώματα πάνω σε ασπρόμαυρες επιφάνειες; Πώς γίνεται αυτό; Φυσιολογικά είναι αδύνατο· δοκιμάστε όμως, κάνοντας το εξής πείραμα: κατασκευάστε αρχικά ένα δίσκο, χωρίστε τον σε διαδοχικές περιοχές και χρωματίστε τις άσπρες και μαύρες. Έπειτα στριφογυρίστε το δίσκο και καρφώστε το βλέμμα σας πάνω του, αδιαφορώντας για το σχήμα κάθε περιοχής μεμονωμένα. Θα διαπιστώσετε σε λίγο ότι το ένα άκρο των άσπρων περιοχών γίνεται κόκκινο και το άλλο γαλάζιο. (Ανάλογα με την ένταση του φωτισμού θα διακρίνετε διάφορες αποχρώσεις).

Αν περιστρέψετε ταχύτερα το δίσκο, ολόκληρο το άσπρο τμήμα του θα γίνει ροζ - κόκκινο και ένα μέρος του μαύρου τμήματος θα γίνει γαλαζοπράσινο.

Αν αυξήσετε κι άλλο την ταχύτητα περιστροφής, ... (συνέχεια παραπάνω)



Εικόνα 5.130

Στερεοσκοπική όραση

Φθορισμός

Φωσφορισμός

5.131

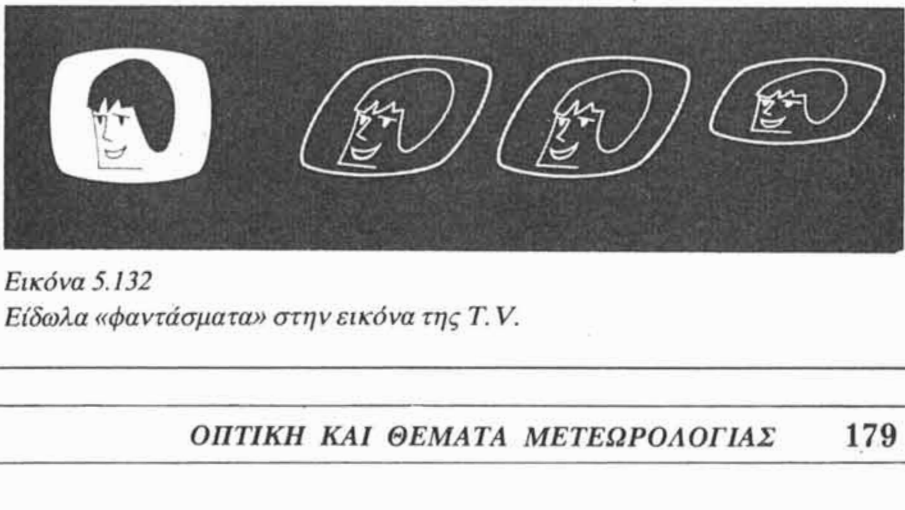
Χρωματικά φαινόμενα με λάμπες φθορισμού.

Εάν περιστρέψετε ακόμη πιο γρήγορα το δίσκο του προηγούμενου προβλήματος (5 έως 15 στροφές το δευτερόλεπτο), τα χρώματα εξαφανίζονται. Αν όμως τον φωτίσετε με μια λάμπα φθορισμού, παρατηρείται ένα νέο φαινόμενο: Θα δείτε δύο ομόκεντρους δακτυλίους, που αποτελούνται από τρεις διαδοχικές ζώνες, μια κόκκινη, μια γαλάζια και μια κίτρινη. Αν περιστρέψετε ένα νόμισμα, που φωτίζεται από μια λάμπα φθορισμού, είναι δυνατό να παρατηρηθούν κίτρινες ή πορτοκαλί ζώνες, ανάλογα με το φόντο που θα υπάρχει. Γιατί παράγει χρώματα ο φωτισμός με λάμπες φθορισμού; Μπορούμε να τα φωτογραφίσουμε;

5.132

Οι εικόνες της τηλεόρασης επιπλέουν στο κενό

Όταν βλέπετε την οθόνη της τηλεόρασης σ' ένα σκοτεινό δωμάτιο, μετακινήστε γρήγορα το βλέμμα σας από ένα σημείο που βρίσκεται 30 εκατοστά αριστερά της οθόνης, σ' ένα άλλο 30 εκατοστά δεξιά της. Θα διακρίνετε ένα είδωλο - «φάντασμα» της τηλεοπτικής εικόνας φωτεινό και λεπτομερειακό να «κολυμπά» στο κενό, δεξιά από την οθόνη. (εικ. 5.132). Υπάρχει και η περίπτωση να παρατηρηθούν τρία ή τέσσερα είδωλα με σχήμα παραλληλογράμμου και κλίση προς τα δεξιά. Γιατί παράγονται αυτά τα είδωλα - «φαντάσματα» και ποια είναι η αιτία της κλίσης τους; Θα παρατηρήσετε παρόμοια κλίση, εάν κινήσετε το βλέμμα σας από τα δεξιά της οθόνης προς τα αριστερά; Μια κίνηση του βλέμματός σας από πάνω προς τα κάτω θα προκαλέσει παρόμοια είδωλα;



Εικόνα 5.132
Είδωλα «φαντάσματα» στην εικόνα της Τ.V.

5.133
Ταινίες, καρτ - ποστάλ και αφίσες 3 διαστάσεων

Για την παραγωγή φιλμς ή εικόνων τριών διαστάσεων ακολουθούνται δύο τεχνικές. Η πρώτη συνίσταται στην εκτύπωση των εικόνων με δύο χρώματα, κόκκινο και πράσινο, και στη χρησιμοποίηση φτηνών γυαλιών «ηλίου» με κόκκινο το ένα γυαλί και πράσινο το άλλο. Η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιεί πολωτικά γυαλιά «ηλίου» και πολωτικά φίλτρα, τοποθετημένα μπροστά από τις δυο κάμερες που προβάλουν ταυτόχρονα το φιλμ στην οθόνη. Οι δυο πρώτες τεχνικές δίνουν την εντύπωση στερεοσκοπικής εικόνας. Πώς όμως;

Τα φιλμ τριών διαστάσεων, όπως θα ξέρετε δεν απόκτησαν ποτέ μεγάλη δημοτικότητα, πράγμα που υποδηλώνει κάποια μειονεκτήματα. Εκτός από τη χρήση γυαλιών, ποια άλλα προβλήματα παρουσίασαν τα φιλμ αυτά; Ορισμένες καρτ - ποστάλ ή αφίσες δίνουν την αίσθηση των τριών διαστάσεων. Πώς;

Μερικές γιγαντοαφίσες (posters) και έντυπα με ζωηρά μπλε και κόκκινα χρώματα δίνουν την αίσθηση του βάθους, αν τυπωθούν τα κόκκινα γράμματα σε μπλε φόντο. Με την τεχνική αυτή ο αναγνώστης νομίζει ότι βρίσκονται πλησιέστερα τα γράμματα και μακρύτερα το φόντο. Γιατί; Εξαρτώνται οι οφθαλμαπάτες αυτές από την ένταση του φωτισμού; Υπάρχουν άλλες τεχνικές, που να δίνουν την αίσθηση της στερεοσκοπικής εικόνας;

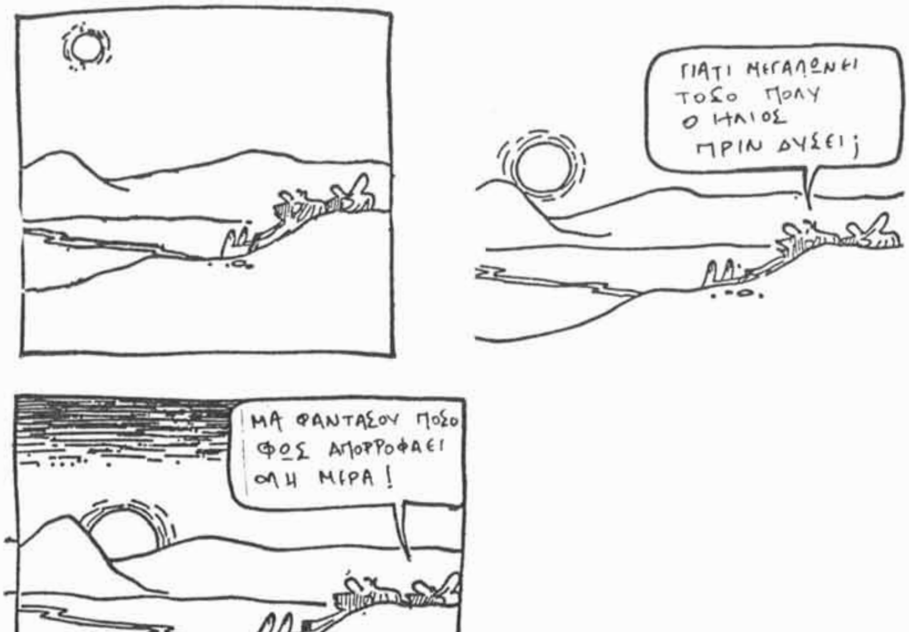


(Από το βιβλίο «Της Πόπης!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

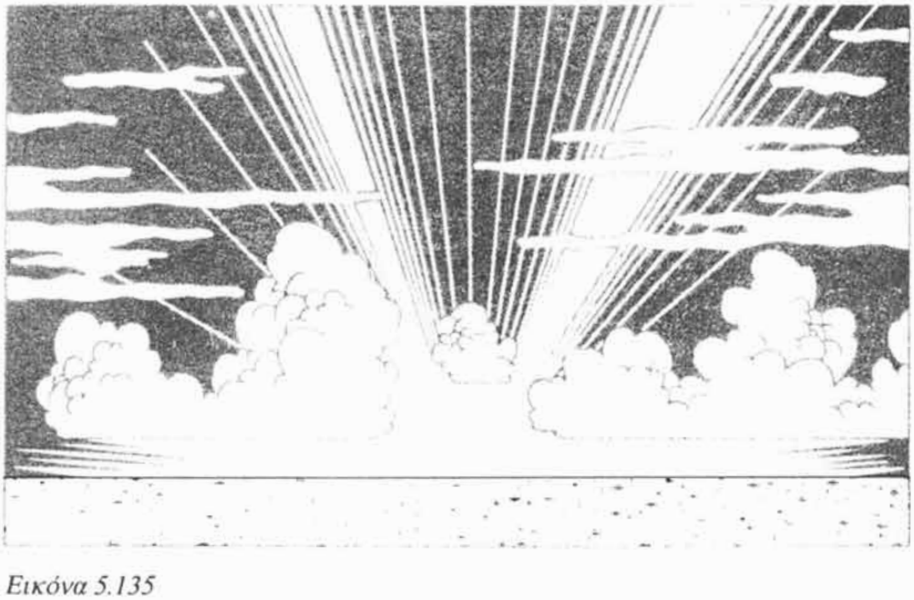
5.134
Το πρήξιμο της σελήνης

Η πιο εντυπωσιακή ίσως απάτη στο φυσικό περιβάλλον είναι η φαινομενική μεγέθυνση της σελήνης, όταν πλησιάζει τον ορίζοντα (εικ. 5.134). Η οφθαλμαπάτη αυτή οφείλεται στις ατμοσφαιρικές συνθήκες ή σε ψυχολογικά αίτια;

Μπορείτε να υπολογίσετε τη φαινομενική μεγέθυνση;



Εικόνα 5.134
(Με την άδεια του John Hart. Field Enterprises)



Εικόνα 5.135

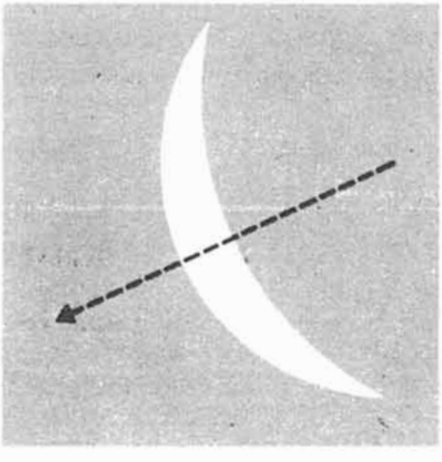
5.135
Οι ακτίνες του Βούδα

Θα έχετε δει φαντάζομαι ηλιοβασίλεμα και θα σας εντυπωσίασαν ασφαλώς οι ακτίνες του ήλιου, που απλώνονται στον ουρανό, στη δυτική μεριά του ορίζοντα (εικ. 5.135). Τι γνώμη έχετε γι' αυτό το μεγαλειώδες θέαμα; Προκαλείται από τα βουνά ή από τα σύννεφα, που κρύβουν μερικώς το φως του ήλιου; Τι χρώμα έχουν αυτές οι ακτίνες; Θα έχετε δει τις ακτίνες, πιο σπάνια ίσως, να συγκλίνουν στο αντίθετο σημείο του ορίζοντα, δηλαδή προς τα ανατολικά. Ακόμη πιο σπάνιο είναι το θέαμα των ακτίνων, που ξεκινούν από τα δυτικά, κυρτώνονται στον ουράνιο θόλο και συγκλίνουν στο αντίθετο σημείο του ορίζοντα, δηλαδή το ανατολικό. Πώς μπορούν ένα σύννεφο ή ένα βουνό να παρεμποδίζουν ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και να παράγουν ένα τέτοιο φαινόμενο; Ο ήλιος εξάλλου βρίσκεται τόσο μακρυά από τη γη, ώστε θα έπρεπε να είναι παράλληλες οι ακτίνες του.

5.136
Από το φεγγάρι στον ήλιο

Αν δείτε ποτέ στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας την ημισέληνο, χαράξτε νοερά τον άξονα συμμετρίας της (εικ. 5.136).

Θα τέμνει ο άξονας τον ήλιο; Δε θα έπρεπε να συμβαίνει αυτό;



Εικόνα 5.136
Θα τέμνει ο άξονας συμμετρίας της ημισελήνου τον ήλιο;

5.137
Οι φωτεινές δέσμες των προβολέων κάμπτονται

Όταν κοιτάζετε από το πλάι τη δέσμη ενός προβολέα, σας φαίνεται ότι κυρτώνεται αυτή προς τα πάνω. Δεν έπρεπε κανονικά να διαχέεται ή να διαθλάται από την ατμόσφαιρα μια τέτοια δέσμη προς το έδαφος;

5.138
Τα φώτα στάσης του αυτοκινήτου και τα κόκκινα φανάρια

Όταν οδηγείτε νύχτα στην πόλη και διατηρείτε μια απόσταση 80 περίπου μέτρων από το αυτοκίνητο που βρίσκεται μπροστά σας, μπορεί να σας συμβεί το εξής παράδοξο: Να νομίσετε ότι σταμάτησε αντικανονικά το προπορευόμενο αυτοκίνητο, αφού θα φαίνεται σταματημένο μετά το κόκκινο φανάρι της διασταύρωσης. Όταν πλησιάσετε θα διαπιστώσετε ότι έχει σταματήσει κανονικά, δηλαδή πριν από το φανάρι. Πώς προκαλείται η οφθαλμαπάτη αυτή;

Φωτεινή ροή

5.139
Η τύφλωση από τα χιόνια

Γιατί τυφλώνει το χιόνι; Αν παραμείνει κανείς για πολλή ώρα στα χιόνια ή στους πάγους, νομίζει ότι είναι γεμάτα άμμο τα μάτια του. Στη συνέχεια αρχίζει ένας πόνος που διαρκεί πολλές ημέρες. Πότε είναι πιο πιθανή η τύφλωση από τα χιόνια; Τις ηλιόλουστες μέρες ή τις συννεφιασμένες;

Στο ημερολόγιο που κράτησε επί πέντε χρόνια, κατά το διάστημα των πολικών εξερευνήσεών του ο Vilhjalmur Stefansson έγραψε: «Ίσως υποθέσουν μερικοί ότι η τύφλωση από τους πάγους συμβαίνει όταν ο καιρός είναι καλός και ο ήλιος λάμπει. Λάθος! Οι πιο επικίνδυνες ημέρες είναι αυτές που ο ουρανός είναι καλυμμένος από τα σύννεφα, σκοτεινιασμένος με άλλα λόγια. Τις μέρες αυτές μοιάζουν όλα επίπεδα. Σκεφτείτε ότι μπορεί να σκοντάψετε σε σχηματισμό πάγου «ύψους μισού μέτρου». Κάτω από τέτοιες συνθήκες ο ορίζοντας δε διακρίνεται.

Ποιο ρόλο παίζουν τα σύννεφα στην αύξηση των πιθανοτήτων για τύφλωση;

5.140

Πόσο μικρά αντικείμενα μπορεί να διακρίνει ένας αστροναύτης πάνω στη γη;

Ποια είναι τα μικρότερα αντικείμενα που μπορεί να διακρίνει ένας αστροναύτης στην επιφάνεια της γης; Μπορεί να δει τις μεγάλες πόλεις την ημέρα ή τη νύχτα; Άλλα αντικείμενα μεγάλων διαστάσεων, όπως οι πυραμίδες; Οι πρώτες εκτοξεύσεις προς τον Άρη απογοήτευσαν πολλούς (απλούς ανθρώπους κυρίως, όχι επιστήμονες) διότι οι αεροφωτογραφίες δεν αποτύπωσαν κανένα σημάδι ανθρώπινης δραστηριότητας. Τι δείγματα οργανωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας θα μπορούσατε να διακρίνετε πάνω στη γη, αν είχαν οι φωτογραφίες σας διακριτικό όριο, όπως ονομάζεται, ενός χιλιομέτρου; Η τιμή αυτή είναι συνηθισμένη για φωτογραφίες από μετερεωλογικό δορυφόρο. Αν δεν αρκεί το διακριτικό όριο αυτό, ποιο πρέπει να επιλέξουμε ώστε να μας εξασφαλίσει τη δυνατότητα να διακρίνουμε από το διάστημα σημάδια ζωής στη γη;

Ανάκλαση

Γεωμετρική οπτική

Διακριτικό όριο

5.141

Ανακλάσεις μιας μπάλας του χριστουγεννιάτικου δέντρου.

Μια χριστουγεννιάτικη μπάλα μπορεί να καθρεφτίσει ολόκληρο το δωμάτιο, στο οποίο βρίσκεται. Πώς όμως θα ανακλούσε τις ακτίνες μιας σημειακής φωτεινής πηγής μέσα σ' ένα σκοτεινό δωμάτιο; Κρατήστε τη χριστουγεννιάτικη μπάλα σε απόσταση 10cm από το μάτι σας και εξετάστε με ποιο τρόπο ανακλά τις ακτίνες της σημειακής φωτεινής πηγής. (Μια τρύπα από καρφίτσα στο κάλυμμα ενός σκεπασμένου φωτιστικού μας προσφέρει μια καλή σημειακή πηγή). Το είδωλο της πηγής πάνω στη μπάλα είναι φωτεινή γραμμή και όχι σημείο. Από τη στιγμή που θα ανάψετε τα υπόλοιπα φώτα του δωματίου η φωτεινή γραμμή «συσπειρώνεται» γρήγορα και σχηματίζει ένα σωστό είδωλο του φωτεινού σημείου.

Αρχικά πέστε μου γιατί παραμορφώνεται το είδωλο του φωτεινού σημείου, όταν το δωμάτιο δεν έχει άλλο φωτισμό. Στη συνέχεια, γιατί εξαρτάται η παραμόρφωση από το φωτισμό του δωματίου;

5.142

Το σχήμα του Moiré

Εάν τοποθετηθούν το ένα πάνω στο άλλο δύο σχήματα, που παρουσιάζουν περιοδικότητα και διαφέρουν λίγο μεταξύ τους, θα δημιουργηθεί ένα μεγαλύτερο σχήμα, που λέγεται σχήμα του Moiré. Εύκολα μπορείτε να επιβεβαιώσετε όσα αναφέραμε, αν επιθέσετε μια διαφανή κουρτίνα πάνω σε μια άλλη ή αν κοιτάξετε μπροστά σ' έναν καθρέφτη μια χτένα που την κρατάτε με τεντωμένο χέρι. Για να επιτύχετε μια ακριβέστερη παρατήρηση, τοποθετήστε ένα διάτρητο μεταλλικό φύλλο σε απόσταση μερικών εκατοστών από ένα όμοιό του. Θα διακρίνετε ένα κυκλικό σχήμα του Moiré. Πώς μεταβάλλεται το σχήμα αυτό σε σχέση με την απόσταση που σας χωρίζει από τα φύλλα; Πώς μεταβάλλεται σε συνάρτηση, με την απόσταση των δύο φύλλων; Προς ποια διεύθυνση και με ποια ταχύτητα μετακινείται το σχήμα του Moiré, όταν περπατάτε παράλληλα προς τα φύλλα; Η κίνησή του τέλος εξαρτάται από την απόσταση που σας χωρίζει από τα φύλλα;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

"ωχ πηδώ χοροπηδώ
κι έχω ένα τσίρκο
ηλεκτρικό
μες στο μυαλό μου..."

* «Μπάλλος» από το ομώνυμο έργο
του Διονύση Σαββόπουλου

Βιοηλεκτρισμός (6.1 έως 6.5)

Θερμότητα Joule

Ισχύς

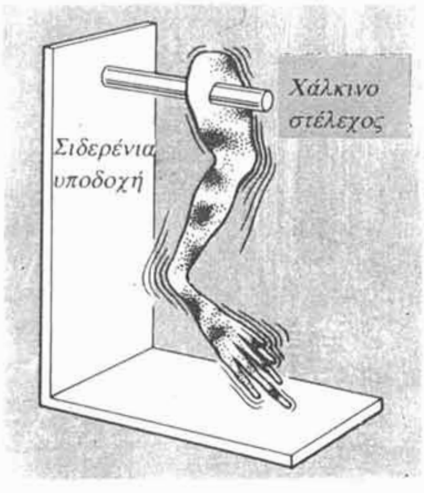
6.1
Ηλεκτροπληξία

Τι ακριβώς παθαίνει κανείς, αν αγγίξει ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο; Ποια είναι η αιτία που μπορεί να τραυματίσει ή και να σκοτώσει ακόμη; Η τάση; Το ρεύμα; Και τα δύο; Προκαλούνται εγκαύματα; Αλλάζει ο ρυθμός της καρδιάς; Ποια εξάρτηση έχει το μέγεθος του κινδύνου απο τη συχνότητα του ρεύματος; Ειδικότερα, γιατί θεωρείται πιο επικίνδυνη η συχνότητα των 50 κύκλων ανά δευτερόλεπτο (50Hz) που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη, σε σύγκριση με τη συχνότητα των 60Hz των ΗΠΑ; Το συνεχές ρεύμα είναι πιο επικίνδυνο από το εναλλασσόμενο; Μήπως εξαρτάται ο κίνδυνος από τις περιστάσεις;

Είναι πολύ πιθανό να μη σκοτωθεί κανείς αμέσως· θα υποκύψει όμως, αν συνεχίσει να βρίσκεται σε επαφή με το καλώδιο, διότι όσο περνά η ώρα, μειώνεται η αντίσταση του σώματος. Έτσι, μπορεί να αποκτήσει το ρεύμα τέτοια τιμή, που να προκαλέσει το μοιραίο. Γιατί μεταβάλλεται η αντίσταση του σώματος με την πάροδο του χρόνου;

6.2
Βατραχοπόδαρα

Το 1780, ο Galvani πειραματίστηκε πάνω στη φύση των νεύρων και των μυών. Στο κλασικό πια πείραμά του χρησιμοποίησε μια εξαιρετικά απλή διάταξη: στήριξε σε μια σιδερένια υποδοχή ένα χάλκινο στέλεχος, στο οποίο είχε αναρτήσει ένα βατραχοπόδαρο (εικ. 6.2). Το βατραχοπόδαρο με τον τρόπο αυτό μπορούσε να ακουμπά στη βάση της σιδερένιας υποδοχής. Μόλις, όμως συνέβαινε αυτό, το βατραχοπόδαρο συστελλόταν, κάνοντας πολλούς σπασμούς. Όταν έπαυαν, κρέμαγε πάλι το πόδι, το οποίο μόλις ακούμπαγε στην υποδοχή, άρχιζε και πάλι τους σπασμούς. Γιατί παρατηρήθηκε η αντίδραση αυτή; Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μερικούς αριθμούς, για να στηρίξετε την απάντησή σας;



Εικόνα 6.2
Το βατραχοπόδαρο κάνει σπασμούς μόλις ακουμπά τη σιδερένια υποδοχή.

6.3
Με το χέρι κολλημένο στο καλώδιο

Αν χουφτώσετε ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο έντασης 25mA περίπου, θα σταθεί αδύνατο να το αφήσετε από το χέρι σας. Γιατί;

Για καλό και για κακό, μη δοκιμάσετε! Κινδυνεύετε να σκοτωθείτε (βλ. ερ. 6.1).

6.4
Γυμνόνωτος, το ηλεκτροφόρο χέλι

Πώς μπορεί και σας τινάζει το ηλεκτροφόρο χέλι; Ένας γυμνόνωτος, όταν βρίσκεται σε καλή φυσική κατάσταση, μπορεί να παράγει ρεύμα έντασης 1A και τάσης 600V. Αλλά πώς πετυχαίνει παραγωγή ρεύματος τόσο μεγάλης ισχύος; Πώς μπορεί και εκφορτίζεται συνεχώς μέσα στο θαλασσινό νερό; Γιατί δεν παθαίνει το ίδιο ηλεκτροπληξία;

Η αίσθηση του προσανατολισμού που διακρίνει, όσα ζώα ζούνε στο νερό, ήταν ανεξήγητη για πολλά χρόνια. Έπρεπε να δημοσιευθούν τα τελευταία χρόνια μερικές εργασίες, για να θεμελιώσουν την υπόθεση ότι τα ζώα αυτά έχουν την ικανότητα να ανακαλύπτουν τα ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται από τα ωκεάνεια ρεύματα τα οποία κινούνται μέσα στο γήινο μαγνητικό πεδίο. Τα πεδία αυτά βοηθούν προφανώς τα ζώα στον προσανατολισμό τους.

Πριν από οτιδήποτε άλλο μπορείτε να εξηγήσετε με ποιο τρόπο παράγει το κινούμενο νερό τα ηλεκτρικά πεδία που μας απασχολούν; Στη συνέχεια εξηγήστε πώς μπορούν τα ζώα αυτά να ανακαλύπτουν τόσο ασθενικά πεδία.



Εικόνα 6.5
«Όταν ήμουν μικρή δεν είχαμε φούρνο μικροκυμάτων και συχνά χρειαζόμασταν μια ολόκληρη ώρα για να μαγειρέψουμε το φαγητό»

Απορρόφηση

Ηλεκτρικό πεδίο

6.5
Φούρνοι μικροκυμάτων

Ένας συνηθισμένος φούρνος ψήνει το κρέας από έξω προς τα μέσα. Σε αντίθετη μ' αυτόν, ένας φούρνος μικροκυμάτων ψήνει πρώτα το εσωτερικό. Υπάρχει συνεπώς το ενδεχόμενο να είναι καλοψημένο από μέσα και απ' έξω άψητο το κρέας. Ας κάνουμε τώρα μια παρακινδυνευμένη υπόθεση: Αν βρεθείτε απέναντι από μια κεραία ραντάρ που βρίσκεται σε λειτουργία, ή αν χώσετε το χέρι σας σ' ένα φούρνο μικροκυμάτων, υπάρχει κίνδυνος (άμεσος μάλιστα) να ψηθείτε από μέσα, ενώ θα είσαστε άψητος απ' έξω! Γιατί ψήνει μ' αυτόν τον τρόπο ένας φούρνος μικροκυμάτων; Με ποιον τρόπο, τέλος, ψήνουν τα μικροκύματα;

Ηλεκτρικό ρεύμα

Θερμοφωταύγεια

6.6
Σε πόσο χρόνο ανάβει ένας γλόμπος

Πόσος χρόνος θα χρειαστεί, για να ανάψει μια λάμπα από τη στιγμή που θα πατήσετε το διακόπτη; Θα χρειαστεί να περιμένετε μέχρι τη στιγμή που θα φτάσουν στη λάμπα τα ηλεκτρόνια των καλωδίων;

Αφότου περάσει μέσα της το ηλεκτρικό ρεύμα, πόσο χρόνο θα χρειαστεί για να φωτίσει;

Στατικός ηλεκτρισμός (6.7 έως 6.18)

Διαχωρισμός φορτίων

Ηλεκτρικό πεδίο

Εκφόρτιση

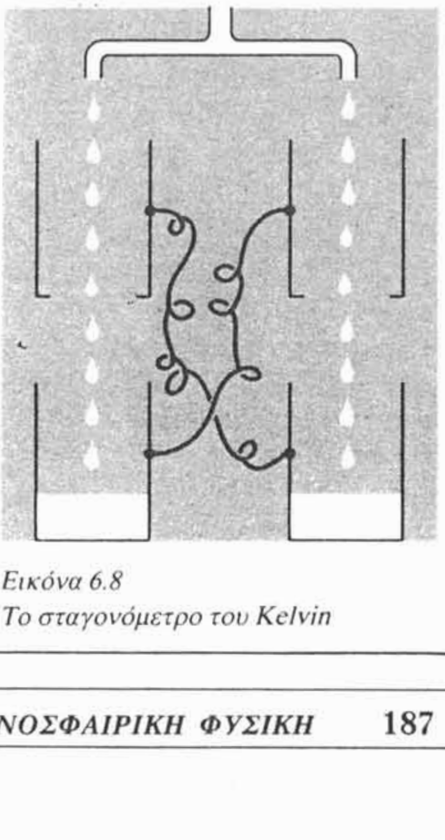
6.7
Το χαλί που τινάζει

Το να δεχτεί κανείς ένα τίναγμα, την ώρα που περπατά πάνω σ' ένα χαλί ή την ώρα που γλιστρά πάνω στο κάθισμα του αυτοκινήτου του, είναι κάτι συνηθισμένο. Αφού παραδεχτούμε ότι πρέπει να υπάρχει με κάποιο τρόπο συσσώρευση φορτίων, μπορείτε να εξηγήσετε το φαινόμενο με μεγαλύτερη ακρίβεια; Γιατί πρέπει δηλαδή να περπατήσετε πάνω στο χαλί; Γιατί δε συσσωρεύονται τα φορτία, αν σταθείτε ακίνητοι; Γιατί είναι εποχιακό το φαινόμενο που αναφέραμε;

Για να δώσετε απαντήσεις στα προηγούμενα ερωτήματα, λάβετε υπόψη σας το ακόλουθο, που περιλαμβάνεται στη διδακτέα ύλη του Γυμνασίου. Για να φορτιστεί ένα γυάλινο ραβδάκι, το τρίβουμε με δέρμα γάτας ή κάτι παρόμοιο. Γιατί όμως το τρίβουμε; Μήπως θα αργήσει να φορτιστεί, αν δεν το τρίψουμε δυνατά; Η τριβή έχει πράγματι κάποια σχέση με τη φόρτιση; Και γιατί εξαρτάται η πολικότητα του ραβδιού από τη φύση του υλικού, με το οποίο τρίβεται; Γιατί τέλος μειώνεται το φορτίο, αν αφήσουμε για λίγο το ραβδάκι μέσα στον καπνό ενός σπίρτου;

6.8
«Το σταγονόμετρο του Kelvin»

«Το σταγονόμετρο του Kelvin» είναι ένα πολύ γνωστό πείραμα. Η διάταξη της εικ. 6.8 αποτελείται από δύο ζευγάρια κασσιτερωμένα κουτιά, μέσα στα οποία στάζει νερό. Τα κουτιά συνδέονται μεταξύ τους με μεταλλικούς αγωγούς. Μετά τη διέλευση των πρώτων σταγόνων το ένα συνδεδεμένο ζευγάρι, φορτίζεται θετικά, το άλλο αρνητικά. Γιατί; Η διάταξη είναι προφανώς συμμετρική. Και πώς δημιουργούνται τα δύο αντίθετα φορτία; Ειδικότερα, μπορείτε να εξηγήσετε την εκκίνηση της φόρτισης;



Εικόνα 6.8
Το σταγονόμετρο του Kelvin

6.9

Ηλεκτρικό πεδίο και ροή του νερού

Όταν μισανοίξετε μια βρύση, η ροή του νερού είναι συνεχής. Γρήγορα όμως χάνει τη συνοχή της και το νερό πέφτει σταγόνα - σταγόνα. Μπορείτε πολύ εύκολα να σταματήσετε το διαχωρισμό σε σταγόνες, αν τοποθετήσετε κοντά στη ροή του νερού ένα αντικείμενο ηλεκτρικά φορτισμένο. Εάν μάλιστα είναι πολύ φορτισμένο, η στήλη του νερού θα αποκλίνει προς αυτό. Μπορείτε να εξηγήσετε το φαινόμενο; Πρώτα απ' όλα όμως πρέπει να εξηγήσετε με ποιο τρόπο σπάζει σε σταγόνες η συνεχής αρχικά στήλη του νερού.

6.10

Το χιόνι φορτίζει τους μεταλλικούς φράχτες

Οι αμμοθύελλες και οι χιονοθύελλες συνοδεύονται συχνά από ηλεκτρικά σοκ. Όταν πρόκειται να ξεσπάσει χιονοθύελλα, στα βουνά του Κολοράντο, συσσωρεύεται στους συρματόπλεχτους φράχτες φορτίο, ικανό να τινάζει ανθρώπους ή ζώα. Μερικές φορές μάλιστα το φορτίο αυτό ξερνά σπινθήρες στα γειωμένα αντικείμενα, που βρίσκονται εκεί γύρω. Οι κάτοικοι της περιοχής, που πήραμε για παράδειγμα, έχουν αναφέρει περιπτώσεις, που οι σπίθες φτάνουν σε απόσταση 1m από το φράχτη. (Εάν ένας σπινθήρας διανύσει απόσταση έστω και λίγων εκατοστών, θα σας τινάξει τόσο πολύ που θα αισθάνεστε άρρωστος για πολλές ώρες).

Γιατί φορτίζει τους φράχτες η χιονοθύελλα;

6.11

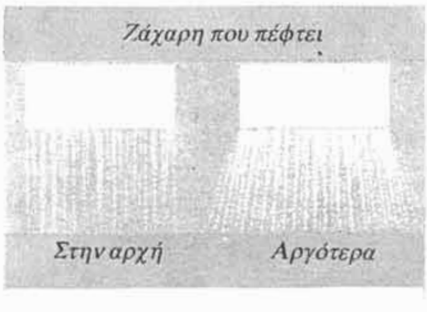
Η λάμψη του σελοτέιπ

Εάν ξετυλίξετε ένα σελοτέιπ μέσα σ' ένα σκοτεινό δωμάτιο, θα δείτε να βγαίνει μια μικρή λάμψη στο σημείο που γίνεται η αποκόλληση της ταινίας. Ποια είναι η αιτία της φωτεινής εκπομπής; Έχει κάποιο ιδιαίτερο χρώμα; Εάν ναι, γιατί;

6.12

Κοσκινίζοντας ζάχαρη

Μια μέρα, ενώ κοσκίνιζα άχνη ζάχαρης για ένα γλυκό, μου συνέβη κάτι παράξενο: αρχικά η ζάχαρη έπεφτε κατακόρυφα· στη συνέχεια όμως, καθώς έπεφτε, εκτρεπόταν προοδευτικά προς τα πλάγια (εικ. 6.12). Γιατί;



Εικόνα 6.12

6.13

Αλυσίδες κρεμασμένες στα βυτιοφόρα

Τα βυτιοφόρα που μεταφέρουν εύφλεκτα υγρά, σέρνουν πίσω τους αλυσίδες. Γιατί;

Μήπως πρέπει να κρεμάσετε και σεις μια αλυσίδα στο αυτοκίνητό σας;

6.14

Φόρτιση από το ντους

Την ώρα που κάνετε ντους, το νερό που πέφτει, παράγει αρνητικά φορτία και ένα ηλεκτρικό πεδίο μεγίστης δυνατής τιμής 800 volts ανά μέτρο. Παρόμοια πεδία είναι συνήθη κοντά σε καταρράχτες. Αλλά και όταν καθαρίζουν τα μεγάλα πετρελαιοφόρα με μάνικες που εξαπολύουν νερό με μεγάλη ταχύτητα, το πεδίο μπορεί να φτάσει στην τιμή των 300.000 volts. Πώς παράγεται ένα τέτοιο πεδίο; Στην περίπτωση των μεγάλων πετρελαιοφόρων η ερώτηση δεν έχει καθόλου θεωρητικό χαρακτήρα. Αρκεί να αναλογιστούμε πόσες εκρήξεις έχουν συμβεί στα πλοία αυτά, την ώρα που τα καθάριζαν.

6.15

Η ευφορία και το αρνητικό φορτίο

Είναι γενικά παραδεκτό πως, όταν εισέλθει κανείς σε μια ατμόσφαιρα φορτισμένη αρνητικά, όπως αυτή του μπάνιου, (του προηγούμενου προβλήματος) θα νιώσει ένα ευχάριστο συναίσθημα. Η αρνητική φόρτιση μας κάνει ευτυχισμένους σε αντίθεση με τη θετική, που συνήθως μας αρρωσταίνει. Θα μπορούσαμε επομένως να υποστηρίξουμε ότι η ευχαρίστηση που νιώθουμε μετά το μπάνιο, οφείλεται τόσο στα αρνητικά φορτία όσο και στην αίσθηση της καθαριότητας. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί επιδρούν στην ψυχική μας διάθεση μ' αυτόν τον τρόπο* τα αρνητικά και τα θετικά φορτία;

***Βλ. επίσης την ερώτηση 3.18 για το Λίβα**

6.16

Γιατί δεν «τρυπάτε» το πάτωμα;

Γιατί δε βουλιάζετε, περπατώντας στο πάτωμα; Και κυρίως, τι είναι αυτό που σας στηρίζει;

6.17

Πύργοι στην άμμο

Εάν θελήσετε να κατασκευάσετε έναν πύργο στην άμμο, θα χρησιμοποιήσετε βρεγμένη και όχι ξερή άμμο. Το μαγειρικό αλάτι, όταν υγρανθεί, διακρίνεται από παρόμοια συνεκτικότητα. Αντίθετα, άλλες σκόνες, όπως η σκόνη του κακάου και της κιμωλίας, έχουν συνεκτικότητα, όταν είναι κατάξερες. Σε τι επιδρά το βρέξιμο της άμμου και του αλατιού; Ποια σκόνη νομίζετε πως έχει μεγαλύτερη συνεκτικότητα, η λεπτόκοκκη ή η χοντρόκοκκη;

Η ύπαρξη σβόλων στο χώμα συντελεί στη διατήρηση της ευφορίας του εδάφους. Υπάρχει ασφαλώς ο κίνδυνος να μεταβληθεί σε στείρα και ημιέρημη περιοχή, το τμήμα εκείνο του εδάφους που το εκμεταλλευόμαστε με λανθασμένο τρόπο. Ποια αιτία δημιουργεί στο έδαφος σβόλους; Άλλα υλικά π.χ. η άμμος και η σκόνη του ρυζιού δε δημιουργούν σβόλους. Γιατί;

6.18

Η διαφανής μεμβράνη για τη συσκευασία των τροφίμων

Σας είναι γνωστά, φαντάζομαι, τα διαφανή και λεπτά πλαστικά φύλλα που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία των τροφίμων. Με μερικά απ' αυτά μπορούμε να καλύψουμε το άνοιγμα των δοχείων της κουζίνας, αφού τα τεντώσουμε και τα διπλώσουμε στα χείλη του δοχείου. Με τον τρόπο αυτό διατηρούνται τεντωμένα και κλείνουν ερμητικά και μόνιμα τα δοχεία.

Πώς «κολλάνε» όμως αυτές οι διαφανείς μεμβράνες;

Μαγνητισμός (6.19 έως 6.24)

6.19

Το μαγνητικό πεδίο του χάρτινου δολλάριου

Πιάστε ένα χάρτινο δολλάριο από την άκρη του και φέρτε το κοντά σ' ένα μεγάλο μαγνήτη (που παράγει ανομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο). Θα διαπιστώσετε ότι το χαρτονόμισμα έλκεται από τον ένα πόλο του μαγνήτη. Γιατί;

6.20

Φυσαλίδες που μετακινούνται από ένα μαγνητικό πεδίο

Η φυσαλίδα ενός αλφαδιού είναι δυνατό να μετακινηθεί, αν βρεθεί κοντά του ένας μεγάλος μαγνήτης. Εξηγούνται αυτά τα καμώματα του μαγνήτη; Η φυσαλίδα τον αποφεύγει ή τον πλησιάζει;

Επαγωγή

6.21

Ηλεκτρομαγνητικά παιχνίδια μ' ένα δαχτυλίδι

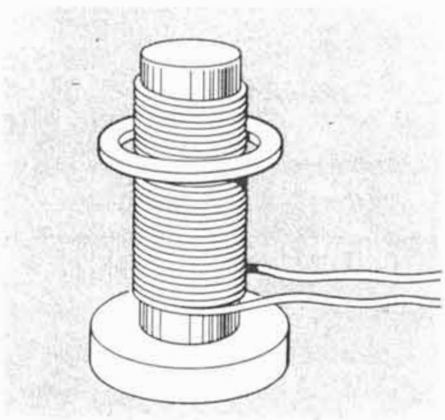
Βρείτε ένα μεταλλικό δαχτυλίδι και φορέστε το σ' ένα πηνίο, που διαρρέεται από σταθερό εναλλασσόμενο ρεύμα (εικ. 6.21). Μπορείτε να αναγκάσετε το δαχτυλίδι να ανασηκωθεί και να σταθεί μετέωρο;

Εάν δεν περνούσε ρεύμα από το πηνίο και κλείνατε ξαφνικά το κύκλωμα, το δαχτυλίδι θα έκανε ένα εντυπωσιακό άλμα.

Γιατί είναι διαφορετική η συμπεριφορά του δαχτυλιδιού σ' αυτές τις δύο περιπτώσεις; Ποιος εξασφαλίζει ισορροπία στο μετέωρο δαχτυλίδι, εξουδετερώνοντας τη βαρύτητα και ποιος προσδιορίζει το ύψος στο οποίο μετεωρίζεται αυτό; Πόσο σταθερή είναι η θέση του;

Αν προσπαθήσετε να προβλέψετε τη συμπεριφορά διαφόρων δαχτυλιδιών, θα αποτύχετε.

Για να διασκεδάσετε, επιχειρήστε αρχικά να προδιαγράψετε τι θα συμβεί, στις επόμενες περιπτώσεις, κι έπειτα πειραματιστείτε. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δυο δαχτυλίδια με την ίδια διάμετρο και πυκνότητα αλλά με διαφορετικό πάχος. Θα φτάσει το λεπτό δαχτυλίδι στο ίδιο ύψος με το παχύτερό του; Τι θα συμβεί αν βρεθούν τα δύο αυτά δαχτυλίδια γύρω από το ίδιο πηνίο την ίδια στιγμή και ενώ θα αυξάνει προοδευτικά η ένταση του ρεύματος; Τι θα συμβεί τέλος, αν το ένα δαχτυλίδι είναι μεγαλύτερης διαμέτρου από το άλλο;



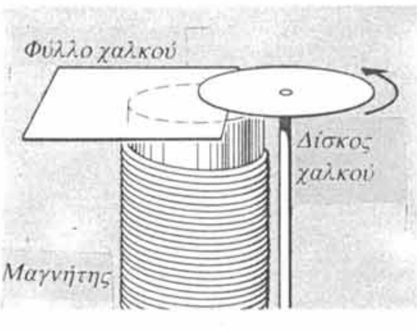
Εικόνα 6.21
Το μεταλλικό δαχτυλίδι αιωρείται γύρω από το πηνίο.

Επαγωγή

6.22

Περιστροφές στη σκιά ενός μαγνητικού πεδίου

Έναν χάλκινο δίσκο, που βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, μπορούμε να τον αναγκάσουμε να περιστραφεί, αν φέρουμε μπροστά του μια χάλκινη πλάκα; Τοποθετήστε λοιπόν ένα χάλκινο δίσκο (που να μπορεί να περιστραφεί ελεύθερα) πάνω από τον έναν πόλο ενός εναλλασσόμενου ηλεκτρομαγνήτη (εικ. 6.22). Ο δίσκος απωθείται αλλά δε δείχνει καμιά διάθεση να περιστραφεί. Βάλτε τώρα, μια χάλκινη πλάκα ανάμεσα στο δίσκο και το μαγνήτη, για να καλύψετε εν μέρει το μαγνητικό πεδίο. Ο δίσκος αυτόματα αρχίζει να περιστρέφεται. Μπορείτε να δώσετε κάποια εξήγηση;



Εικόνα 6.22
Ο δίσκος περιστρέφεται όταν το φύλλο χαλκού καλύπτει μερικά το μαγνητικό πεδίο.

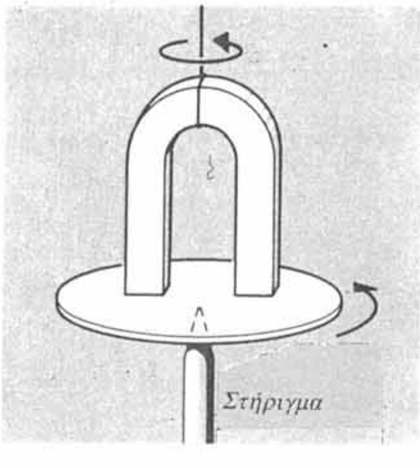
Επαγωγή

6.23

Το ταχύμετρο του αυτοκινήτου;

Έλκει το αλουμίνιο ένας σιδερένιος μαγνήτης; Κανονικά όχι. Γιατί; Κι όμως υπάρχει μια ειδική διάταξη, όπου ένας μαγνήτης μετακινεί ένα αλουμινένιο σώμα. Κρεμάστε έναν πεταλοειδή μαγνήτη πάνω από έναν αλουμινένιο δίσκο (εικ. 6.23). Αναρτήστε το δίσκο με τέτοιον τρόπο που να μπορεί να περιστραφεί ελεύθερα γύρω απ' το κέντρο του. Εάν περιστρέψετε το μαγνήτη, θα περιστραφεί και ο δίσκος. Θα ακολουθήσει όμως την ίδια φορά; Ο μαγνήτης λοιπόν, ασκεί επίδραση στο αλουμίνιο μόνο σ' αυτή την περίπτωση. Γιατί;

Η διάταξη αυτή αποτελεί τη βάση της λειτουργίας των ταχυμέτρων που έχουμε στ' αυτοκίνητά μας, με τη διαφορά ότι ο περιστρεφόμενος μαγνήτης βρίσκεται μέσα σ' ένα αλουμινένιο κύλινδρο, πάνω στον οποίο έχει κολληθεί μια βελόνα και συνδέεται μ' ένα ελατήριο.

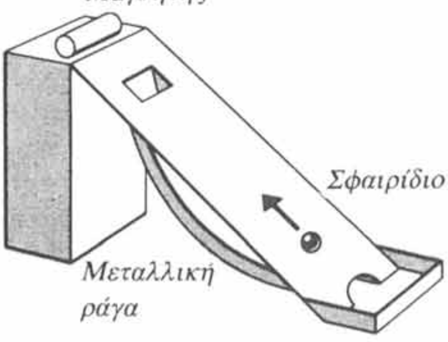


Εικόνα 6.23
Ο αλουμινένιος δίσκος περιστρέφεται όταν περιστρέφεται και ο πεταλοειδής μαγνήτης.

6.24

Μαγνητικό αεικίνητο

Κατά τη διάρκεια των περασμένων αιώνων σχεδιάστηκαν πολλές γοητευτικές μηχανές, με σκοπό να επιτευχθεί το αεικίνητο. Από τις πιο απλές είναι η μηχανή του επισκόπου του Chester (το 1670) (εικ. 6.24). Ο μαγνήτης της, που είχε στηριχτεί στο ανώτερο σημείο του κεκλιμένου επιπέδου, έπρεπε να τραβήξει το σφαιρίδιο προς τα πάνω, κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου, μέχρι την τρύπα, που είχε ανοιχτεί στο πάνω άκρο του. Είχε υπολογιστεί ότι θα έπεφτε το σφαιρίδιο μέσα στην τρύπα και θα επέστρεφε στη βάση του επιπέδου, περνώντας μέσα από μια μεταλλική ράγα. Έτσι θα επαναλαμβάνονταν η όλη διαδικασία. Δεν είναι πολύ απλό; Δεν έπρεπε να λειτουργήσει η μηχανή αυτή;



Εικόνα 6.24
Το μαγνητικό αεικίνητο.

Τηλεπικοινωνία και ιονοσφαιρική Φυσική (6.25 έως 6.31)

Ιονοσφαιρική φυσική

Συχνότητα πλάσματος

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

6.25

Το βεληνεκές των σταθμών ραδιοφώνου, και τηλεόρασης

Πάντα είχα πολλά ερωτηματικά σχετικά με το ραδιόφωνο. Οι

σταθμοί για παράδειγμα, που εκπέμπουν με διαμορφωμένο πλάτος (AM), μπορούν να ακουστούν πιο μακριά τη νύχτα απ' ό,τι τη μέρα. Με λίγη καλή τύχη μπορείτε να ακούσετε μια ρώσικη εκπομπή από ένα φτηνό τρανζιστοράκι. Γιατί συμβαίνει αυτό; Πάρα πολλοί άνθρωποι έμειναν κατάπληκτοι, όταν μετέβιβασε ο Marconi τα πρώτα σήματα χωρίς καλώδιο πέρα από τον Ατλαντικό. Τα σήματα αυτά δε χάθηκαν στο διάστημα αλλά διαδόθηκαν ακολουθώντας την καμπυλωμένη επιφάνεια της γης. Γιατί;

Το βεληνεκές αντίθετα της τηλεόρασης και των σταθμών που εκπέμπουν με διαμορφωμένη συχνότητα (FM), δεν ξεπερνά τα όρια μιας πόλης. Κάτω από ορισμένες συνθήκες (π.χ. μια βροχή μετεώρων), τα σήματα αυτά, μεταδίδονται πολύ μακριά. Όταν πάλι γίνονται μεγάλες ηλιακές εκρήξεις, το βεληνεκές τους είναι εξαιρετικά μικρό με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος διακοπής των διεθνών τηλεπικοινωνιών.

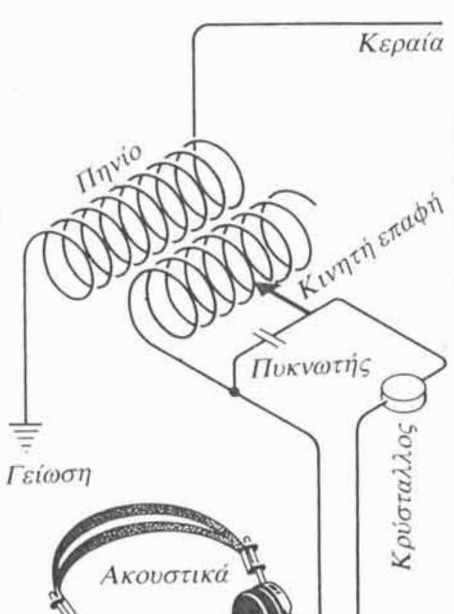
Γιατί διαφέρει τόσο πολύ το βεληνεκές των εκπομπών της τηλεόρασης ή των σταθμών FM και το βεληνεκές των σταθμών AM; Γιατί παρουσιάζονται μερικές φορές τόσο μεγάλες μεταβολές στο βεληνεκές των εκπομπών της TV και των FM;

Συντονισμός

6.26
Δέκτης με κρύσταλλο

Το ραδιόφωνο με γαληνίτη, που κατασκεύαζα, όταν ήμουν μικρός, ήταν πολύ απλό. Αποτελείτο από μια κεραία, έναν πυκνωτή, ένα μακρύ πηνίο, τα ακουστικά και τέλος από το κρύσταλλο του γαληνίτη (εικ. 6.26). Και πώς λειτουργούσε; Για παράδειγμα, η μετακίνηση της επαφής με το πηνίο αλλάζει τους σταθμούς που ακούμε. Γιατί; Ο κρύσταλλος είναι απαραίτητος και γιατί;

Πολλές φορές έχουν ακουστεί ιστορίες για ανθρώπους που ακούνε τους τοπικούς σταθμούς από τα σφραγίσματα των δοντιών τους, από ελατήρια του κρεβατιού τους κ.λ.π. Υπάρχει κάποιο ίχνος αλήθειας σ' αυτές τις ιστορίες; Εάν ναι, τι είναι αυτό που αντικαθιστά το κρύσταλλο σ' αυτά τα παράξενα ραδιόφωνα;



Εικόνα 6.26
Ραδιόφωνο κρυστάλλου.

6.27
Συμβολή αεροπλάνου και τηλεόρασης

Πώς επιδρά στην εικόνα της τηλεόρασής σας ένα αεροπλάνο, που πετάει κάπου κοντά;

6.28
Η κεραία του αυτοκινήτού σας

Οι κεραίες των αυτοκινήτων για σταθμούς AM τοποθετούνται στο εξωτερικό μέρος τους και συνήθως κατακόρυφα. Γιατί;

6.29
Πολλαπλή ακρόαση

Όταν οδηγώ το αυτοκίνητό μου, «πιάνω» τον τοπικό ραδιοφωνικό σταθμό, βρίσκοντας τη συγκεκριμένη θέση για τη βελόνα πάνω στον πίνακα επιλογής του ραδιοφώνου. Όμως, όποτε τύχει να βρεθώ κοντά στην κεραία εκπομπής του σταθμού, ακούω πότε - πότε δυο σταθμούς ταυτόχρονα. Γιατί; Άλλες φορές πάλι τυχαίνει να ακούσω τον ίδιο σταθμό σε διάφορες θέσεις του πίνακα επιλογής. Γιατί;

Φορτισμένα σωμάτια στο γήινο μαγνητικό πεδίο

Διεγέρσεις ατόμων και μορίων

6.30
Το πολικό σέλας

«Λίγη ώρα αφότου πέσει το σκοτάδι, ένα τόξο με αμυδρό φωτισμό κάνει την εμφάνισή του στη βορεινή ή βορειανατολική μεριά του ορίζοντα. Ανεβαίνει σιγά - σιγά στον ουρανό και γίνεται ολοέ-



Εικόνα 6.30
«Μα το Πολικό Σέλας το ξανάδαμε τη προηγούμενη εβδομάδα» (Chicago Tribune Magazine).

να φωτεινότερο. Όσο ανεβαίνει, τα άκρα του προχωρούν προς τα ανατολικά και τα δυτικά. Αρχικά και ενώ το τόξο είναι ασθενικό, το φως του είναι λευκό και διαφανές.

Στη συνέχεια, όταν δυναμώνει το τόξο, παίρνει — συνήθως — κίτρινο - πράσινο χρώμα. Μοιάζει, θα λέγαμε, με ένα φυτό που αναπτύσσεται στο σκοτάδι. Το πλάτος του είναι τριπλάσιο από το πλάτος ενός συνηθισμένου ουράνιου τόξου, και η κατώτερη ακμή του είναι συνήθως πιο σαφής από την ανώτερη. Η κίνησή του προς το ζενίθ είναι τόση αργή, που μας προκαλεί ένα ευχάριστο καθησυχαστικό συναίσθημα.

Την ώρα που ανεβαίνει, εμφανίζεται από κάτω του ένα άλλο τόξο, το οποίο και παρακολουθεί την ανάβασή του. Καμιά φορά, εμφανίζονται τέσσερα ή και πέντε τόξα, που ανεβαίνουν όλα μαζί· μερικά απ' αυτά υπερβαίνουν το ζενίθ και περνούν στη νότια μεριά του ουρανού.

Μερικά βράδυα, τα πράγματα αλλάζουν και αντίθετα με όσα αναφέραμε, το σέλας περνάει σε μια φάση πολύ πιο δραστήρια και ποικιλόμορφη. Η μεταβολή αυτή μπορεί να γίνει γρήγορα ή και ακαριαία. Η φωτεινή ζώνη γίνεται πιο λεπτή, αναδιπλώνεται, και ζαρώνει, σχηματίζοντας μικρά αυλάκια και εκπέμποντας φωτεινές ακτίνες. Μεταβάλλεται μ' αυτόν τον τρόπο σε ριγωτή και ακανόνιστη ζώνη, που μοιάζει με μεγάλη ουράνια κουρτίνα. Το χρώμα της παραμένει κίτρινο - πράσινο, με τη διαφορά ότι εμφανίζεται ξαφνικά και κατά μήκος της κατώτερης ακμής ένα κατακόκκινο σιρίτι, συχνά διακοπτόμενο. Σπάνια, εμφανίζονται ζωηρά πράσινα, βιολετί και μπλε χρώματα, ενώ μερικές φορές οι φωτεινές ακτίνες τους μοιάζουν να τέμνωνται στο κάτω μέρος τους σαν ακόντια που εκτοξεύτηκαν από τον ουρανό. Άλλοτε πάλι νομίζουμε ότι υπάρχει ανοδική κίνηση κατά μήκος των ακτίνων ή κίνηση από τα ανατολικά προς τα δυτικά, κατά μήκος της ζώνης.

Οι «κουρτίνες» για τις οποίες κάναμε λόγο, υπάρχει το ενδεχόμενο να κυματίζουν, διασχίζοντας τον ουρανό, λες και τις μετακινεί η πνοή του ανέμου· μπορεί και να εξαφανίζονται και στη συνέχεια να επανεμφανίζονται στο ίδιο ή σε άλλο μέρος. Το μεγαλειώδες θέαμα συνεχίζεται για αρκετά λεπτά ή και για ώρες, αλλάζοντας διαρκώς μορφή, θέση, χρώμα και ένταση· ίσως υπάρξουν και διαλείμματα, όταν δεν υπάρχει ή είναι λίγο το σέλας στον ουρανό. Κάποια στιγμή μπορεί να δει ο παρατηρητής το εσωτερικό μιας μεγάλης πτυχής, σχεδόν πάνω από το κεφάλι του, όταν οι φωτεινές ακτίνες που την αποτελούν, φαίνονται να συγκλίνουν και να δημιουργούν αυτό που ονομάζεται στέμμα. Το σχήμα του στέμματος αλλάζει, συνήθως γρήγορα, και οι ακτίνες του σπιθίζουν και τρεμοπαίζουν ή τυλίγονται γύρω από το κέντρο του.

Όταν κοντεύει να τελειώσει το σπάνιο αυτό θέαμα, το σέλας παίρνει φανταστικές μορφές, ανόμοιες με όσες ήδη περιγράψαμε. Απαρτίζεται από ένα τεράστιο σύνολο από κουρτινάκια που εκτείνονται και καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του ουρανού, λάμπουν και χάνονται περιοδικά ή, όπως λέμε, «πάλλονται». Ο ουρανός τέλος φαίνεται λεπιδωτός μια και καλύπτεται από απαλά σύννεφα, όμοια με μεγάλα «λέπια» τα οποία εμφανίζονται και εξαφανίζονται σε διάστημα μερικών μόνο δευτερολέπτων. Στη συνέχεια ο ουρανός καθαρίζει από το σέλας, αν και αργότερα η διαδοχή αυτή των φαινομένων εμφανίζεται και πάλι και διαρκεί, μέχρις ότου ξεθωριάσει η αυγή το απαλό φως του σέλαος». Δημοσίευση του S. Chapman: «Ηλια-

κές εκλάμψεις και Γη: το πολικό σέλας και ο χώρος γύρω από τη Γη» American Scientist 49, 249 - 1961.

Η αναλυτική εξήγηση του φαινομένου αυτού είναι αντικείμενο περαιτέρω έρευνας. Μήπως όμως μπορείτε να εξηγήσετε σε γενικές γραμμές, γιατί δημιουργούνται και γιατί εμφανίζονται μερικά απ' αυτά τα χρώματα και οι παλλόμενες μορφές; Γιατί εμφανίζονται συχνότερα στα μεγάλα πλάτη τα φαινόμενα αυτά; Το σέλας είναι συνηθέστερο στον Καναδά παρά στη Σιβηρία, αν και έχουν το ίδιο γεωγραφικό πλάτος. Γιατί;

Διάθλαση

Διασπορά

6.31
Παράσιτα

Κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου οι αδιάκριτοι Γερμανοί έκαναν υποκλοπή των τηλεφωνικών μηνυμάτων των συμμάχων, «πιάνοντας» τις μικρές διαρροές των υπογείων τηλεφωνικών καλωδίων. Η αρχική λήψη γινόταν χάρη σε δύο μεταλλικά ραβδιά που μπήγονταν στο έδαφος σε μικρή απόσταση από τα τηλεφωνικά καλώδια και απείχαν μεταξύ τους 200 μέτρα. Τα σήματα μεταδίδονταν στη συνέχεια σ' ένα μεγάλο ενισχυτή και έτσι τα άκουγαν οι Γερμανοί.

Κατά τη διάρκεια των παρακολουθήσεων αυτών, οι Γερμανοί άκουγαν παράλληλα κάτι μυστηριώδη σφυρίγματα, αρκετά ισχυρά, που το ύψος τους έπεφτε απότομα. Από τότε οι ήχοι αυτοί αποδίδονται σε ιονοσφαιρικά φαινόμενα και αποκαλούνται «ιονοσφαιρικά παράσιτα».

Και άλλοι ήχοι έχουν ανακαλυφθεί, όμοιοι με πλαταγίσματα, κουδουνίσματα και σφυρίγματα. Το ύψος τους αυξάνεται και ονομάζονται «χορωδίες της αυγής» Μπορείτε να εξηγήσετε την προέλευση των ήχων αυτών;

Ατμοσφαιρικές εκφορτίσεις (6.32 έως 6.49)

Εκφόρτηση

Ηλεκτρικό πεδίο

Ηλεκτρικό δυναμικό

6.32
Αστραπές και κεραυνοί

Οι κεραυνοί και οι αστραπές μας είναι τόσο οικεία, ώστε φτάνουμε στο σημείο να μας διαφεύγει η ομορφιά τους. Γι αυτό, πριν ακόμα εκθέσουμε τις σκοτεινές πλευρές τους, ας θέσουμε μερικά απλά ερωτήματα, σχετικά με τις συνηθισμένες ιδιότητές τους. Σε μια εκφόρτιση, του είδους που εξετάζουμε, διακρίνονται δύο τουλάχιστον εκλάμψεις, ο «προάγγελος» και ο «ουραγός». Ποια βλέπετε όμως και γιατί δεν βλέπετε και τις δυο; Τι παράγει τη λάμψη; Είναι ανερχόμενη η κατερχόμενη η έκλαμψη; Γιατί είναι τόσο συσπειρωμένη; Ποια είναι η ένταση του ρεύματος που δημιουργεί; Ποια είναι η λαμπρότητα της αναλαμπής; Ποιο είναι περίπου το πλάτος του «δίαυλου» που δημιουργεί; 100 μέτρα; 1 μέτρο; Μερικά χιλιοστόμετρα; Ποια είναι η διάρκειά της; Μερικά δευτερόλεπτα; Μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου; Μερικά εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου;*

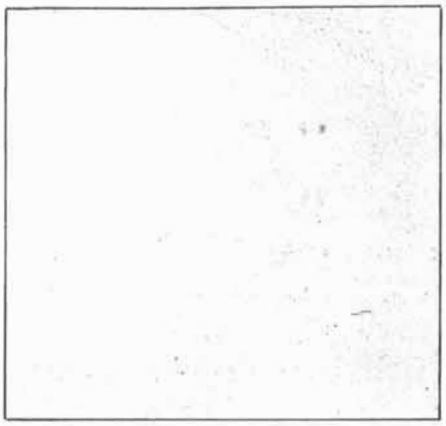
**Εάν οδηγείτε νύχτα με βροχή, μια πολλαπλών λάμψεων αστραπή μπορεί να παραγάγει μερικές στροβοσκοπικές εικόνες των υαλοκαθαριστήρων που κινούνται!*

6.33
Το γήϊνο ηλεκτρικό πεδίο

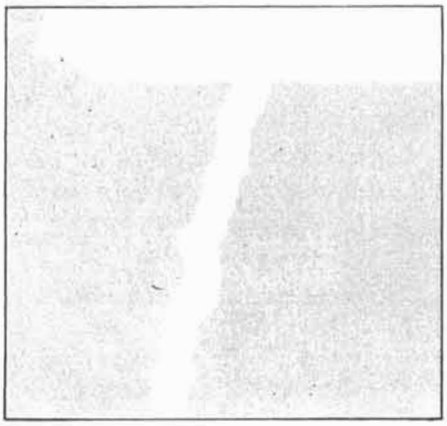
Αλλά ας γυρίσουμε στα προηγούμενα κι ας θέσουμε την πιο ουσιαστική ερώτηση: Γιατί υπάρχουν οι αστραπές και οι κεραυνοί; Ποια είναι η προέλευση του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ της επιφάνειας της γης και των σύννεφων; Στο ύπαιθρο υπάρχει μια διαφορά δυναμικού 200 volt από το ύψος της μύτης σας μέχρι το έδαφος. Γιατί δεν παθαίνετε ηλεκτροπληξία εξαιτίας της διαφοράς αυτής; (εικ. 6.33). Από αυτό το ηλεκτρικό πεδίο είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία κινητήρες; Σε μερικές περιπτώσεις, ναι!



Εικόνα 6.33
Το ηλεκτρικό πεδίο της γης



Εικόνα 6.34α
Αστραπές σύννεφου - αέρα



Εικόνα 6.34β
Ταινιωτή αστραπή



Εικόνα 6.34γ
Περιδεραιοειδής αστραπή.

6.34
Το σχήμα των αστραπών

Οι κεραυνοί που κατευθύνονται από το σύννεφο προς το έδαφος, δεν είναι το μοναδικό είδος εκφορτίσεως. Υπάρχουν για παράδειγμα οι αστραπές, που ξεκινούν από το σύννεφο και καταλήγουν στον αέρα. (εικ. 6.34α). Εάν το σύννεφο είναι πολύ μακριά και δεν είναι ορατό, θα ξαφνιαστείτε, βλέποντας κεραυνό «εν αιθρία». Κάτω από άλλες συνθήκες θα δείτε μια σειρά παραλλήλων λάμψεων που θυμίζουν κορδέλα κρεμασμένη από τα σύννεφα (εικ. 6.34β).

Αλλά η πιο παράξενη αστραπή είναι «η αστραπή - κομπολόϊ»* (εικ. 6.34γ) που θυμίζει χάντρες περασμένες σε σπάγκο. Τι προκαλεί τις συγκεκριμένες μορφές αστραπών στα παραδείγματα που αναφέραμε; Όσο για την αστραπή, που κατευθύνεται από το σύννεφο προς τον αέρα, μπορείτε να εξηγήσετε πού πηγαίνει το ρεύμα, που παράγεται κατά την εκκένωση;

*Σ. τ. Μ: Ονομάζεται και περιδεραιοειδής αστραπή.

6.35
Σφαιροειδείς αστραπές

Ένα από τα πιο αμφισβητούμενα θέματα της φυσικής είναι η ύπαρξη σφαιρικών αστραπών. Η πολεμική εναντίον τους συνεχίζεται παρά τις αναρίθμητες μαρτυρίες και γραπτές αναφορές. Το πέντε τοις εκατό του πληθυσμού του πλανήτη μας τις έχει δει, αν και θα απαντήσουν επίμονα πολλοί ότι πρόκειται για οφθαλμαπάτες, όπως είναι το μετείκασμα, που εξακολουθεί να παραμένει στο μάτι, έπειτα από μια ξαφνική έντονη λάμψη, που έχει πια χαθεί.

Οι φωτεινές, αθόρυβες σφαιρικές αστραπές πλέουν ή χορεύουν στον αέρα για μερικά δευτερόλεπτα. Μερικές φορές διαπερνούν τα τζάμια, χωρίς να κάνουν ζημιά· άλλοτε πάλι τα τζάμια κομματιάζονται. Μπορεί να τις δούμε στο εσωτερικό ή το εξωτερικό οποιασδήποτε κατασκευής, ακόμη και μέσα σε αεροπλάνα. Αν και είναι αθόρυβες, γενικά η εξαφάνισή τους συνοδεύεται συνήθως από μικρή έκρηξη. Τέλος, είναι θανατηφόρες. Ο G. W. Richmann φαίνεται πως έπεσε θύμα τους, ενώ προσπαθούσε να επαναλάβει το πείραμα του Φραγκλίνου με τον αετό. Μια πύρινη σφαίρα, μεγέθους γροθιάς δραπέτευσε από το αλεξικέραυνο του εργαστηρίου αιωρήθηκε μπροστά του και στη συνέχεια εξερράγει. Αμέσως έπεσε νεκρός με μια κόκκινη κηλίδα στο μέτωπο και δυο τρύπες στο ένα του παπούτσι.

Συγκεντρώνοντας τις ποικίλες εξηγήσεις του φαινομένου των σφαιρικών αστραπών, μπορείτε να επιλέξετε ποιες απ' αυτές είναι οι ορθές; Μπορείτε επίσης να ανακαλύψετε νέες ερμηνείες ή να δικαιολογήσετε την άποψη ότι είναι οφθαλμαπάτες;



Εικόνα 6.36

6.36

Η πύρινη σφαίρα της υδρογονοβόμβας.

Εκτός των άλλων έχουν φωτογραφηθεί και οι αστραπές που συνόδευσαν την καταστροφική πύρινη σφαίρα ισχύος 10 Μεγατόνων, που προκλήθηκε από την θερμοπυρηνική έκρηξη στο Enivetok Atoll το 1952. Οι αστραπές διαδίδονταν από τη θάλασσα προς τα πάνω. Οι διακλαδώσεις τους ακολουθούσαν την ίδια ανοδική πορεία (εικ.6.36). Όταν μεγάλωνε όμως η πύρινη σφαίρα κι έφτανε στα σημεία που βρίσκονταν προηγουμένως οι αστραπές ή οι διακλαδώσεις τους, οι αστραπές που είχαν εξαφανιστεί, έκαναν πάλι την εμφάνισή τους, πίσω από τη σφαίρα αυτή τη φορά. Το ηλεκτρικό φορτίο που απαιτείται γι' αυτές τις αστραπές, παράγεται πολύ γρήγορα, η προέλευσή του πάντως είναι άγνωστη προς το παρόν. Μπορείτε να δώσετε μερικές πιθανές εξηγήσεις; Μπορείτε επίσης να εξηγήσετε την επανεμφάνιση των διακλαδώσεων της αστραπής πίσω από την πύρινη σφαίρα;

6.37

Κεραυνοί των ηφαιστείων.

Όταν το ηφαίστειο, που δημιούργησε το νέο νησάκι Surtsey, αναδύθηκε από τη θάλασσα της Ισλανδίας το 1963, λαμπεροί κεραυνοί χόρευαν πάνω από το σκοτεινό σύννεφο, που το σκέπαζε. Από πού προέρχονταν η τεράστια ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου, που απαιτείται γι' αυτούς τους κεραυνούς; Το φορτίο δημιουργείται πιθανώς από την επαφή του νερού με τη λιωμένη λάβα. Πώς, όμως, μ' αυτόν τον τρόπο παράγονται φορτία;

6.38

Οι κεραυνοί των σεισμών.

Ο σεισμός παράγει φωτεινές εκκενώσεις; Οι Γιαπωνέζοι ξέρουν ότι οι κεραυνοί στον καθαρό ουρανό προοιωνίζουν ένα σεισμό. Εξάλλου οι σεισμοί στην Ιαπωνία αλλά και σ' άλλες χώρες συνοδεύονται είτε από κανονικές είτε από σφαιρικές αστραπές. Γιατί όμως συνδέονται τα δύο φαινόμενα;

6.39

Ο χαρταετός του Φραγκλίνου.

Στο σχολείο θα έχετε ακούσει ασφαλώς για το πείραμα με το χαρταετό που έκανε ο Βενιαμίν Φραγκλίνος. Έχετε καταλάβει όλες τις λεπτομέρειες και ειδικότερα γιατί δε σκοτώθηκε ο Φραγκλίνος; Να λοιπόν πώς περιέγραψε ο ίδιος σ ένα γράμμα του το πείραμα:

«Στην άκρη του κάθετου ξύλου (του αετού) πρέπει να στηριχτεί ένα μεταλλικό έλασμα, πολύ μυτερό, που να ξεπερνά το ξύλο ένα πόδι. Στην άκρη του σπάγγου, κοντά στο χέρι, πρέπει να δεθεί μία μεταξωτή κορδέλα. Στο σημείο του κόμπου που συνδέει το σπάγκο με την κορδέλα, πρέπει να τοποθετήσουμε ένα κλειδί. «Πετάμε» τον αετό όταν βλέπουμε να έρχονται τα σύννεφα της καταιγίδας. Ο άνθρωπος που κρατάει το σπάγκο, πρέπει να βρίσκεται κάτω από μια πόρτα ή ένα παράθυρο ή να καλύπτεται μ' οποιοδήποτε τρόπο, ώστε να μείνει στεγνή η μεταξωτή κορδέλα. Πρέπει επίσης να προσέξει να μην ακουμπήσει την πόρτα ή το παράθυρο. Μόλις φτάσει πάνω από το χαρταετό το πρώτο σύννεφο, το μυτερό έλασμα τραβάει την ηλεκτρική φωτιά απ' αυτό κι έτσι ηλεκτρίζεται η όλη διάταξη, ενώ τεντώνονται οι ελεύθερες ίνες του σπάγκου προς όλες τις κατευθύνσεις και έλκονται αν πλησιάσουμε το δάχτυλό μας. Όταν η βροχή διαβρέξει το χαρταετό και το σπάγκο, έτσι που να μπορεί να άγει ελεύθερα την ηλεκτρική φωτιά, θα διαπιστώσετε ότι ρέει ελεύθερα αυτή από το κλειδί προς το χέρι σας. Στο κλειδί φορτίζεται το phial* οπότε μπορούμε να πάρουμε ηλεκτρική φωτιά που

θα κάψει τα πνεύματα ή θα μας επιτρέψει να κάνουμε οποιοδήποτε από τα πειράματα του ηλεκτρισμού, τα οποία εκτελούνται συνήθως με τη βοήθεια μιας σφαίρας ή ενός κυλίνδρου που τρίβουμε. Έτσι λοιπόν αποδεικνύεται η σύμφυση του ηλεκτρισμού και κεραυνού».

Γιατί προσάρμοζε μυτερό έλασμα στην κορυφή του αετού; Γιατί υπήρχε η μεταξωτή κορδέλα ανάμεσα στο χέρι του και στο κλειδί; Γιατί είλκε ο σπάγκος το δάχτυλό του και γιατί τεντώνονταν οι ίνες του; Τι προκαλούσε τη φωτεινή εκπομπή όταν πλησίαζαν τα δάχτυλά του στο κλειδί; Γιατί δε σκοτώθηκε ο Φραγκλίνος; Εάν χτυπούσε ο κεραυνός το χαρταετό ή το σπάγκο θα επιζούσε; Στην Ευρώπη, ο G.W Richmann σκοτώθηκε, όταν τόλμησε να επαναλάβει το πείραμα του Φραγκλίνου. Μη δοκιμάσετε λοιπόν κι εσείς, έστω και αν πάρετε τις ίδιες προφυλάξεις.

* Είναι μια «πρωτόγονη» μορφή πυκνωτή.

6.40

Αλεξικέραυνο.

Το αλεξικέραυνο της γιαγιάς μου είχε ένα αιχμηρό άκρο, που έφτανε δύο μέτρα πάνω από τη σκεπή. Το άλλο άκρο βυθιζόταν 2 μέτρα μέσα στη γη. Γιατί, άραγε είναι απαραίτητα τα χαρακτηριστικά αυτά; Ποιός είναι ο ρόλος του ελάσματος, που αποτελεί το αλεξικέραυνο;

Το ερώτημα αυτό υπήρξε η βάση ατελείωτων συζητήσεων μετά την ανακάλυψη του αλεξικέραυνου από το Βενιαμίν Φραγκλίνο. Μερικοί πιστεύουν ότι το μεταλλικό έλασμα διευκολύνει την εκφόρτιση του σύννεφου που περνάει πάνω από το αλεξικέραυνο, αποφεύγοντας μ' αυτόν τον τρόπο τους καταστρεπτικούς κεραυνούς. Άλλοι υποστηρίζουν ότι χρησιμεύει απλά και μόνο ως δίαυλος, που διοχετεύει με ασφάλεια στο έδαφος οποινδήποτε κεραυνό συναντήσει εκεί κοντά.

Έγιναν πολλά λάθη και δημιουργήθηκαν πολλές αμφισβητήσεις γύρω από τη λειτουργία και την εγκατάσταση των αλεξικέραυνων. Για ένα διάστημα μετά την εφεύρεσή τους υποστήριζαν μερικοί ότι έπρεπε να τοποθετηθεί στην κορυφή τους μια μεταλλική ή γυάλινη σφαίρα. Άλλοι, ότι το κάτω άκρο του αλεξικέραυνου έπρεπε να βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους προβάλλοντας ως επιχείρημα ότι αν βυθιζόταν στο υγρό έδαφος, θα προκαλούσε έκρηξη. Τώρα τελευταία, κάποιος κατασκευαστής εξόπλισε την κορυφή του αλεξικέραυνου με μια πηγή ραδιενέργειας. Η πηγή αυτή ιόνιζε τον αέρα, δημιουργώντας έτσι μια πρόσθετη έλξη στον κεραυνό και υποχρεώνοντάς τον να χτυπήσει το αλεξικέραυνο και όχι το σπίτι. Μια τέτοια πηγή βοηθά καθόλου;

6.41

Οι κεραυνοί και τα δέντρα.

Οι γιαγιάδες στα χωριά διηγούνται ότι ο κεραυνός κυνηγά τις βελανιδιές· και πράγματι, οι κατακεραυνωμένες βελανιδιές είναι πάρα πολλές αναλογικά με τα άλλα δέντρα. Είναι κομμάτι δύσκολο να πιστέψουμε ότι οι κεραυνοί αναγνωρίζουν τις βελανιδιές. Αλλά πώς εξηγήται η «συντριπτική» προτίμησή τους σ αυτές; Κάθε κεραυνός που πέφτει σε δέντρο, το αναγκάζει να εκραγεί· Γιατί;

Κάθε κεραυνός δεν προκαλεί βέβαια έκρηξη. Ο Orville, για παράδειγμα, δημοσίευσε στο περιοδικό Weather τη φωτογραφία μιας ευρωπαϊκής φλαμουριάς, την ώρα που έπεφτε πάνω της ο κεραυνός. Την επόμενη μέρα, μετά από προσεχτική εξέταση του δέντρου, αποδείχτηκε ότι ο κεραυνός δεν είχε κανένα ίχνος. Πώς μπορεί ένας κεραυνός να βάλει φωτιά στο δάσος; Γιατί δεν ανάβει φωτιά κάθε κεραυνός, που πέφτει στο δάσος;

6.42

Κεραυνός εναντίον αεροπλάνου.

Οι αστραπές και οι κεραυνοί χτυπούν συχνά τα αεροπλάνα. Συνήθως δεν τους προκαλούν άλλες ζημιές εκτός από μερικές μικρές τρύπες στην άτρακτο. Τα αυτοκίνητα, τα λεωφορεία και τα κάθε λογής τροχοφόρα μας εξασφάλιζαν τέτοια «προστασία»; Πρόσφατα, το διαστημόπλοιο Apollon 12 λίγο μετά την απογείωσή του, χτυπήθηκε δύο φορές από αστραπή, χωρίς να βλαφτεί ούτε το σκάφος ούτε το πλήρωμά του.

Στις περιπτώσεις που αναφέραμε και το όχημα και οι επιβάτες δεν πληγώνονται. Γιατί; Οι επιβάτες εξάλλου είναι πιθανό να μην καταλάβουν ποτέ ότι κεραυνοβολήθηκαν*.

* Ένας προσεχτικός επιβάτης αεροπλάνου μπορεί να προβλέψει ότι σε λίγο χρόνο θα πληγεί αυτό από αστραπή, αρκεί να παρατηρήσει τη δραστηριοποίηση των

«Διόσκουρων» (βλ. ερωτ. 6.46) στα άκρα των φτερών και σε άλλα αιχμηρά μέρη του. Η φωτεινή ζώνη μπορεί να έχει μάκρος από 3 έως 5 μέτρα και πλάτος 15 εκατοστά.

6.43
Νεροποντή μετά την αστραπή.

Θα έχετε ίσως προσέξει κατά τη διάρκεια της καταιγίδας, ότι το ξέσπασμα μιας αστραπής ακολουθείται από ξαφνική νεροποντή ή χαλάζι. Υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα στις αστραπές ή βροντές και την ξαφνική νεροποντή; Μήπως πρόκειται για απλή σύμπτωση;

6.44
Επικίνδυνο στριπ-τηζ.

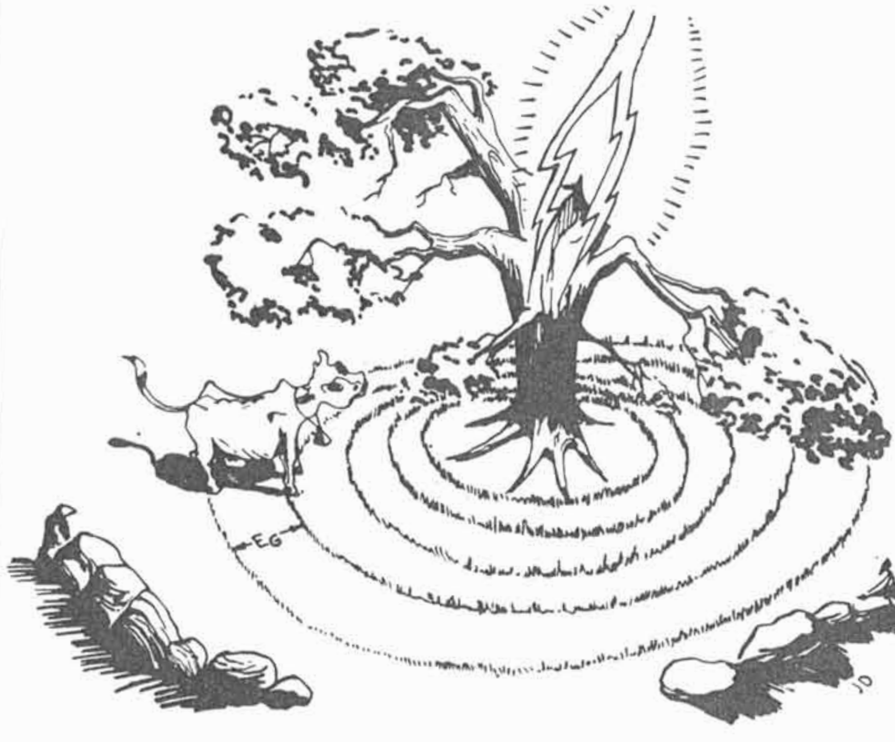
Εάν σας χτυπήσει κεραυνός, είναι πολύ πιθανό να σας βγάλει τα ρούχα και τα παπούτσια. Γιατί;

6.45
Πεδίο γύρω από ένα κεραυνόπληκτο δέντρο.

Εάν βρεθείτε στο ύπαιθρο την ώρα μιας καταιγίδας δεν πρέπει να σταθείται κάτω από δέντρο*. Γιατί είναι επικίνδυνο το δέντρο; Είσαστε περισσότερο ασφαλής αν στέκεστε όσο γίνεται πιο μακριά από τον κορμό. Αναφέραμε ήδη οτι πρέπει πάντοτε να βρίσκεσθε όσο γίνεται χαμηλότερα. Δεν είναι όμως επικίνδυνο αν ξαπλώσετε στο έδαφος;

Συχνά οι κεραυνοί σκοτώνουν ή πληγώνουν τις αγελάδες, μια και βρίσκονται συνήθως στο ύπαιθρο και προσπαθούν να προστατευθούν κάτω από τα δέντρα. Πρέπει όμως να προσθέσουμε και μια ακόμη αιτία: η απόσταση που χωρίζει τα μπρος από τα πίσω πόδια τους, αυξάνει τον κίνδυνο να χτυπηθούν από κεραυνό (εικ. 6.45), διότι παίρνουν στάση ανάλογη μ' αυτήν του ξαπλωμένου ανθρώπου. Επιμένω λοιπόν στην προηγούμενη ερώτησή μου: Γιατί είναι επικίνδυνη η στάση αυτή;

* Το κεφάλι σας μάλιστα πρέπει να βρίσκεται χαμηλότερα από τα αντικείμενα, που σας περιβάλλουν.



Εικόνα 6.45
Γιατί σκοτώθηκε η αγελάδα αφού ο κεραυνός χτύπησε το δέντρο; (Εικόνα από το Lighting Protection for Electric Systems του Edward Beck, εκδ. Mc Graw-Hill).

τουργεί σε κενό αέρος ή σε περιβάλλον χωρίς σκόνη; Γιατί εξαρτάται το χρώμα της εκκένωσης από την πολικότητα της βελόνας; Γιατί τα άκρα της πρέπει να είναι μυτερά; Μπορείτε τέλος να υπολογίσετε την ταχύτητα της περιστροφής κάτω από δοσμένες συνθήκες;*

* βλ. ακόμη ερ. 6.33.

6.50

Δίκτυα υπερυψηλής τάσης.

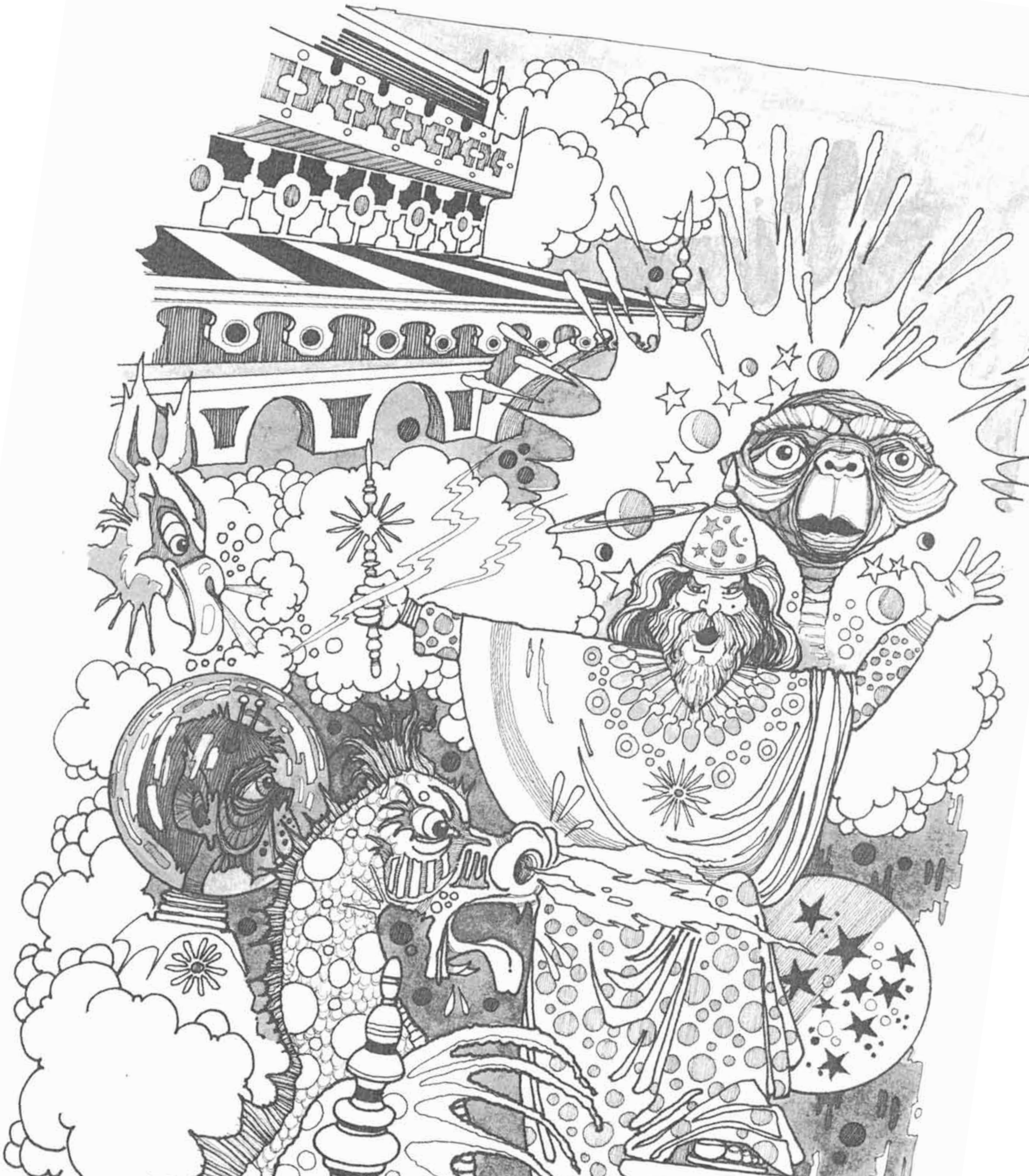
Για να βελτιώσουν μερικές χώρες τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, κατασκεύασαν ή σκέπτονται να κατασκευάσουν δίκτυα «υπερυψηλής τάσης» (765.000 Volts). Οι γραμμές αυτές φαίνεται ότι διαθέτουν πλεονεκτήματα, αν και φοβίζουν τους ανθρώπους που κατοικούν εκεί γύρω. Μειονέκτημά τους θεωρείται ότι παράγουν μια αίγλη μπλε χρώματος και ότι ανάβουν σβησμένες λάμπες φθορισμού. Άλλο μειονέκτημά τους, πολύ επικίνδυνο μάλιστα, είναι το ακόλουθο: πολλοί άνθρωποι δέχτηκαν ηλεκτρικά σοκ, όταν αγγίζαν μεταλλικά αντικείμενα, που βρίσκονταν κοντά στα καλώδια υπερυψηλής τάσης. Σε μια πρόσφατη έρευνα, που έγινε στο Οχάϊο, 18 οικογένειες που ζουν κοντά σε μια τέτοια γραμμή, διηγήθηκαν ότι έπαθαν ηλεκτρικό σοκ, όταν άγγιξαν αγροτικά εργαλεία, μεταλικούς φράχτες ή ακόμη και βρεγμένα ρούχα. Δύο γυναίκες μάλιστα παραπονέθηκαν ότι έπαθαν σοκ, ενώ βρισκόντουσαν στην τουαλέτα τους. Άλλα παράπονα που ακούστηκαν, ήταν η κακή λήψη της τηλεόρασης και το τερέτισμα ηλεκτρικών εκκενώσεων. Ένας κτηνοτρόφος, που πέρασε μέσα πό το κτήμα του μια τέτοια γραμμή, δήλωσε χαρακτηριστικά πως έχει την αίσθηση ότι ζει δίπλα σ' έναν καταρράχτη.

Πώς είναι δυνατό μια γραμμή υψηλής τάσεως να γίνεται αιτία ηλεκτρικών σοκ, όταν αγγίζει κανείς διάφορα μεταλλικά αντικείμενα; Έχω ακούσει, τέλος, ότι μερικοί άνθρωποι θέτουν σε λειτουργία ηλεκτρικούς κινητήρες, συνδέοντάς τους με κεραίες χωμένες στο έδαφος κοντά στις γραμμές υψηλής τάσης. Είναι δυνατό πρακτικά, να αντλήσουν ηλεκτρική ενέργεια μ' αυτόν τον τρόπο;



(Από το «Ελλάδα Ελλαδάρα μας!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7


Γ. ΚΑΡΑΜΕΤΟΣ

το "τέραν"
το "κήτου"
και άλλα ανεξήγητα

* Από «Τα παιδιά της πιάτσας» του Ν. Τσιφόρου (εκδ. Ερμής)

7.1

Πώς κινούνται τα UFO

«Όταν η βαρύτητά σου
δε λειτουργεί πια και
η αρνητικότητά σου
δε σε βοηθά...»
Bob Dylan από το
«Just like Tom Thumb' s
Blues»

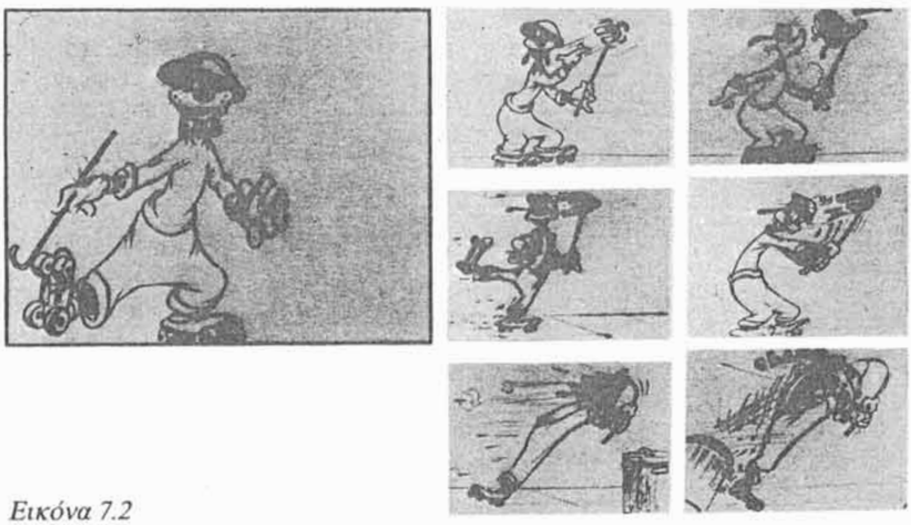
Με βάση τους νόμους της Φυσικής ας εξετάσουμε κατά πόσο είναι πιθανό να κυβερνώνται από «νοήμονα όντα» τα UFO, που παρατηρήθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες. Και αρχικά, ας εξετάσουμε τα προωστικά τους μέσα. Στο σημείο που προσγειώθηκαν ή απογειώθηκαν, δεν έχει διαπιστωθεί καμιά τοπική καταστροφή. Μια χημική ή πυρηνική προώθηση συμβιβάζεται με τόσο ογκώδη αντικείμενα, όπως είναι τα διαστημικά σκάφη; Πόση ποσότητα ενέργειας θα χρειαζόταν να παράγουν αυτές οι πηγές; Το σκάφος αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει με κάποιο τρόπο το μαγνητικό ή ηλεκτρικό πεδίο της γης; Εάν ναι, πόση μπορεί να είναι η επιτάχυνσή τους και ποιο το όριο του ύψους τους;

Ένα από τα αγαπημένα προωστικά μέσα της επιστημονικής φαντασίας ήταν η βαρυτική θωράκιση. Ο Η. G. Wells τη χρησιμοποίησε επί πολύ χρόνο, για να μεταφέρει τα πρόσωπα των έργων του στη σελήνη. Φανταστείτε ότι ένα διαστημικό σκάφος «θωρακίζεται» ξαφνικά από το βαρυτικό πεδίο της γης. Θα απογειωθεί; Πιο συγκεκριμένα, θα μετακινηθεί με μια ταχύτητα ανάλογη της τεράστιας τιμής που αναφέρουν οι διάφοροι μάρτυρες της παρουσίας UFO στη γη;

7.2

Ο Cyrano de Bergerac χρησιμοποιεί την πιο απίστευτη Φυσική που έχει γραφεί μέχρι τώρα, για να κρατήσει τον αχρείο Guishe, μακριά από το σπίτι της Roxanne την ώρα του γάμου της. Πέφτοντας λοιπόν ο Cyrano από ένα κλαδί δέντρου μπροστά στο σπίτι του Guishe, ορκίζεται ότι μόλις έπεσε από τή Σελήνη:

«ΣΥΡΑΝΟ» ανακάθεται καί μέ τόνον γασκονικόν.
Απ' τή Σελήνη!
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ
Απ' τή;...
ΣΥΡΑΝΟ, μετά φωνής ώς έν όνείρῳ.
Τί ὥρα ἔχετε;
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ
Μή τοὔστριψε ἡ βίδα;
....
ΣΥΡΑΝΟ, ιστάμενος πρό αὐτοῦ.
Είλικρινῶς, ποῦ εἶμαι;
Τίποτε μή μοῦ κρύπτετε! Είς ποῖαν γήν, εἰς ποῖον
Τόπον ὡς ἀερόλιθος ἔπεσα κύριέ μου;
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ
Διάβολε!...
ΣΥΡΑΝΟ
Κένῳ ἔπεφτα δέν μπόρεσα να ἐκλέξω
Τό μέρος τῆς ἀφίξεως, - καί ἀγνοῶ ποῦ πέφτω!-
Μέσ' σέ Σελήνην ἄραγε ἤ μή σέ γῆν καμμίαν
Τοῦ πισινοῦ μου μἔσυρε τό βάρος;
....
Νά μάθεται' κεῖ πάνω πῶς ἀνέβην;
Δι' ἑνός μέσου πού ἐγώ αὐτός εἶχον ἐφεύρει.
....
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ
Εἶναι
Τρελλός, - ἀλλά σοφός τρελλός.
ΣΥΡΑΝΟ
Όχι! δέν ἐμιμήθην
Τίποτε προγενέστερον!
(Ό δέ Γκύσης κατόρθωσε νά διέλθῃ καί βαδίζει πρός τή θύραν τῆς Ροξάνης, ὁ Συρανό τόν ἀκολουθεῖ ἕτοιμος νά τόν δράξῃ).
Ἐφεῦρον ἕξη μέσα,
Νά κατακτήσω τόν γλαύκο αἰθέρα!
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ στρεφόμενος
Ἔξ;
ΣΥΡΑΝΟ, στρωμύλως,
Μποροῦσα,
Ἔχων τό σῶμα μου γυμνόν, καθώς μίαν λαμπάδα,
Νά τό σκεπάσω μέ πολλές μποτίλιες κρυσταλλένιες



Εικόνα 7.2
Αυτοκίνηση (Goofy, «Victory Vehicles» Walt Disney Prod)

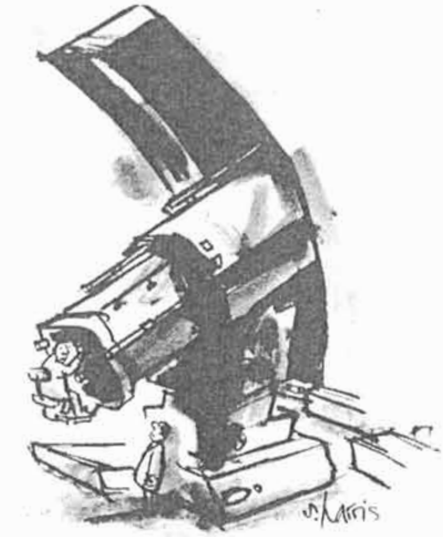
Γεμᾶτες ἀπό δάκρυα τοῦ πρωϊνοῦ αἰθέρος,
Καί οὕτως, ἄν ἐξέθετα τό σῶμα μου στόν ἥλιο,
Τ' ἄστρον μαζύ μέ τήν δροσιά κἐκεῖνο θά ροφοῦσε.
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ, ἔκπληκτος κάμει ἕν βῆμα πρός τόν Συρανό,
Μπᾶ! πράγματι εἶναι ἕνα αὐτό!
ΣΥΡΑΝΟ, ὀπισθοδρομῶν διά νά τόν σύρῃ πρός τό ἄλλον μέρος.
Καί ἠμποροῦσ' ἀκόμα,
νά συμπυκνώσω ἄνεμον, διά να ἐξορμήσω,
Ἀέρα κάμνων ἀραιόν ἐντός κεδρίνης θήκης.
Διά κατόπτρων φλογερῶν ἐν εἴδ' εἰκοσαέδρων!
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ
Δυό!
ΣΥΡΑΝΟ, ὀπισθοδρομῶν.
Ἄλλως ὡς μηχανουργός καθώς καί πυροτέχνης,
Σ' ἀκρίδα μ' ἐλατήρια γεμάτην ἀτσαλένια
Μέ διαδοχικά πυρά ἐκ νίτρου νά πετάξω
Μεσ' στά λειβάδια τά γλαυκά πού τἄστρα πᾶν καί βόσκουν!
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ, ἀκολουθῶν αὐτόν ἀνύποπτος
καί μετρῶν διά τῶν δακτύλων.
Τρία!
ΣΥΡΑΝΟ
Γνωστόν πῶς ὁ καπνός τείνει νἀνέβει ἐπάνω.
Λοιπόν μποροῦσα μέ αὐτόν μιά σφαῖρα νά γεμίσω.
Καί νά μ' ὑψώσῃ!
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ, ἐπί μᾶλλον καί μᾶλλον ἐκπλησσόμενος.
Τέσσερα!
ΣΥΡΑΝΟ
Ἀφοῦ ἡ Σελήνη
Ἔχει μικρόν τό τόξον της, ᾦ βώδια, τό μυαλό σας
Νά πιπιλίζῃ ἀγαπᾶ... μέ τοῦτο νἀλειφόμουν!
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ, κατάπληκτος
Πέντε!
ΣΥΡΑΝΟ, ὅστις ὁμιλῶν τόν ὁδηγεῖ μέχρι τοῦ ἄλλου μέρους τῆς πλατείας πλησίον ἑνός ἑδωλίου.
Καί τέλος καθιστός σέ σιδερένιο δίσκον
Νά πάρω εἰς τά χέρια μου τεμάχιον μαγνήνου.
Καί νά τό ρίψω ὑψηλά εἰς τόν ἀέρα. Τοῦτο
Εἶναι τό μεσον τ' ἄριστον. Ὁ σιδερένιος δίσκος
Τότε ἀμέσως ἐξορμᾷ κατόπιν τοῦ μαγνήτου.
Ξανατινάζεις παρευθύς ἐπάνω τόν μαγνήτην.
Καί ὅπ! λα! ἔτσι δύνασαι ἐπ' ἄπειρον νἀνέβῃς!
ΔΕ ΓΚΥΣΗΣ
Ἔξη! νά, ἔξη ἄριστα μέσα, καί ποιό ἐξ ὅλων
Ἐκλέξατε σεῖς, κύριε;
ΣΥΡΑΝΟ
Ἔν ἔβδομον!
....
Τῆς παλιρροίας!
Τήν ὥρα πού τά κύματα τραβιῶνται ἀπ' τή Σελήνη.
Μετά λουτρόν θαλάσσιον ξαπλώθηκα στήν ἄμμο,
Καί τό κεφάλι μου 'ψηλά κρατῶντας, φίλτατέ μου,
– Γιατί στίς φοῦντες τῶν μαλλιῶν μένει νερό πρό πάντων –
Εἰς τόν ἀέραν ἐπέταξα 'σάν ἄγγελος ὁλόρθος,
Κι' ἀνέβαινα, κι' ἀνέβαινα σιγά καί χωρίς κόπον.
Ὅταν ἠσθάνθην σύγκρουσιν!... Λοιπόν...»*

*Από το Cyrano de Bergerac του Edmond Rostand, σε μετάφραση τοῦ Γεώργιου Στρατήγη (Αθήνα 1921).

7.3
Το παράδοξο του Olbers

Μερικοί άνθρωποι έχουν υποστηρίξει ότι το σύμπαν είναι απείρως μεγάλο και περιέχει άπειρο αριθμό αστεριών. Το παράδοξο του Olbers αναφέρει τα εξής: «Εάν η έκταση του σύμπαντος ήταν άπειρη και αν περιέχει αυτό άπειρο αριθμό αστεριών, ομοιόμορφα κατανεμημένων, ο ουρανός θα έπρεπε να είναι πλημμυρισμένος από άπλετο φως».

Η ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας που προέρχεται από τα απομακρυσμένα αστέρια, θα έπρεπε φυσικά να είναι πολύ πιο ασθενής από αυτήν των πλησιέστερων αστεριών. Αν είχαν όμως ομοιόμορφη κατανομή, το πλήθος τους θα μεγάλωνε ανάλογα με την απόσταση έτσι ώστε να αντισταθμίζει τη μείωση της φωτεινής ακτινοβολίας τους. Κατά



Εικόνα 7.3
«Δεν είμαι σίγουρος, αλλά νομίζω ότι είναι απέραντος» (Phi Delta Kappan)

συνέπεια ο συνολικός φωτισμός που προέρχεται από μια συγκεκριμένη απόσταση, θα έπρεπε να είναι ο ίδιος μ' αυτόν που προέρχεται από μια οποιαδήποτε άλλη. Εφόσον, λοιπόν, ο αριθμός των αστεριών είναι άπειρος, ο νυχτερινός ουρανός θα έπρεπε να είναι φωτεινός και ομοιόμορφα φωτισμένος. Γιατί, όμως, σε αντίθεση με τα παραπάνω είναι σκοτεινός τη νύχτα;

Ατμοσφαιρική φυσική

Κύματα βαρύτητας

7.4
Φωτεινά νυχτερινά σύννεφα

Στις περιοχές που βρίσκονται στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, το καλοκαίρι, λίγο μετά τη δύση του ηλίου εμφανίζονται πότε - πότε τα «σύννεφα - φαντάσματα». Το χρώμα τους είναι αργυρό ή υποκύανο και έχουν φόντο το σκοτεινό ουρανό. Τα ονομάζουν νυκτερινά φωτεινά νέφη (noctilucent clouds) και η προέλευσή τους είναι αμφισβητούμενη. Ίσως έχουν κάποια σχέση με την εξωγήϊνη σκόνη, που εισχωρεί στην ατμόσφαιρά μας. Η υπόθεση όμως αυτή δεν έχει αποδειχθεί ακόμη.

Γιατί είναι ορατά μετά τη δύση του ήλιου; Γιατί τα βλέπουμε, όταν ο ουρανός είναι σκοτεινός και ποιο είναι περίπου το ύψος που εμφανίζονται; Γιατί εμφανίζονται συνήθως στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη και μόνο το καλοκαίρι; Ως επί το πλείστο έχουν κυματοειδή μορφή, που θυμίζει λίγο την επιφάνεια της θάλασσας. Γιατί;

7.5
Οι ραβδοσκόποι

Μερικοί άνθρωποι υποστηρίζουν ότι μπορούν να ανακαλύψουν τις υπόγειες φλέβες του νερού με μια ξύλινη διχάλα ή ένα ραβδί (εικ. 7.5α). Κατά την άποψή τους, μόλις βρεθεί ο άνθρωπος πάνω ακριβώς από τη φλέβα του νερού, αρχίζει να ταλαντώνεται το ξύλο, αποκαλύπτοντας έτσι την ύπαρξη του κρυμμένου νερού (εικ. 7.5β).



Εικόνα 7.5α
Η διχάλα του ραβδοσκόπου.

Αν και έχει αμφισβητηθεί η μέθοδος των ραβδοσκόπων, διαθέτουμε όμως, πολλές μαρτυρίες για τις επιτυχίες τους. Ερμηνεία πάντως του φαινομένου δεν υπάρχει σύμφωνα με τους νόμους της Φυσικής. Ποια δύναμη επιδρά στον άνθρωπο ή στο ραβδί; Υπάρχει κάποια ένδειξη, έστω υποσυνείδητη, που προειδοποιεί το ραβδοσκόπο για την ύπαρξη νερού;



Εικόνα 7.5β
(Με την άδεια του John Hart. Field Enterprises)

Κρουστικά κύματα

Μετάδοση ενέργειας

7.6
Κύματα στο χιόνι

Μια πατημασιά στο χιόνι μπορεί να του προκαλέσει «σεισμό», ο οποίος διαδίδεται από το σημείο επαφής, προκαλεί βαθούλωμα στην επιφάνεια του χιονιού και συνάμα ένα χαρακτηριστικό θόρυβο. Αν η διαταραχή αυτή συναντήσει έδαφος, γυμνό από βλάστηση, θα ανακλαστεί προς τα πάνω και είναι δυνατό να ακουστεί πάλι ο χαρακτηριστικός θόρυβος. Πώς όμως διαδίδονται

αυτοί οι «σεισμοί» και τι καθορίζει την ταχύτητά τους; Το πέρασμά τους βαθουλώνει την επιφάνεια του χιονιού και παράγει θόρυβο. Γιατί; Η γυμνή τέλος επιφάνεια της γης τους αναγκάζει να ανακλασθούν. Γιατί;

7.7
Το θεώρημα του σταθερού σημείου

Εάν ανακατέψετε ένα φλιτζάνι με καφέ και έπειτα το αφήσετε να ηρεμήσει, ένα τουλάχιστον σημείο της επιφάνειάς του θα βρεθεί στην αρχική του θέση. (Ο καφές πρέπει να ανακατευτεί απαλά χωρίς να προκαλέσει πιτσιλιές).

Εάν σκίσετε τη σελίδα αυτή, την τσαλακώσετε έτσι ώστε να γίνει ένα μπαλάκι, και την αφήσετε πάνω στο βιβλίο, ένα τουλάχιστον σημείο της, θα βρεθεί στην κατακόρυφο της αρχικής του θέσης. Και στις δύο περιπτώσεις είμαστε βέβαιοι για το αποτέλεσμα. Γιατί;

7.9
Μαρέγκα και σφιχτά αυγά

Όταν χτυπάμε το ασπράδι των αυγών, το μετατρέπουμε από υγρό σε πηχτό αφρό.

Γιατί; Για παράδειγμα, όταν θέλουμε να φτιάξουμε μαρέγκα χτυπάμε το ασπράδι, μέχρις ότου, όταν αφαιρέσουμε το πιρούνι, σχηματιστεί στην επιφάνεια του παρασκευάσματος ένα εξόγκωμα. Τι παθαίνουν τα ασπράδια με το χτύπημα και αποκτούν τόση στερεότητα; Ποιο εί-

7.8
Το γιγαντιαίο άλμα

Η Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας διαθέτει ένα τρομακτικό όπλο, ένα γεωφυσικό όπλο. Υπέθεσαν λοιπόν ότι, αν το ένα δισεκατομμύριο Κινέζων πήδαγε ταυτόχρονα από ύψος 2m στο έδαφος, θα προκαλούσε κρουστικά κύματα στη γη. Και ότι, αν συνέχιζε, τα κύματα θα διέσχιζαν την Κίνα και θα μπορούσαν να ενισχυθούν τόσο, ώστε να καταστρέψουν ένα μέρος των Ηνωμένων Πολιτειών και ειδικά την Καλιφόρνια, που απειλείται πάντα από σεισμούς!

Ποια θα είναι η διαδρομή ενός τέτοιου κρουστικού κύματος μέσω της γης; Με ποια συχνότητα πρέπει να πηδούν οι Κινέζοι, για να ενισχύσουν το κύμα και πόση ενέργεια προστίθεται σ' αυτό, με κάθε τους πήδημα;

Με ποιο τρόπο μπορεί ν' αντιδράσει ο πληθυσμός μιας χώρας, που απειλείται από αυτό το γεωφυσικό όπλο; (με κάποιο τρόπο αντιποίνων δηλαδή) (εικ. 7.8). Ο τρόπος του άλματος των Κινέζων έχει κάποια σημασία; Ένας συγγραφέας, για παράδειγμα, υποστήριξε ότι πρέπει να διατηρούν τα πόδια τους άκαμπτα, διότι με λυγισμένα πόδια θα μετάδιδαν πολύ λιγότερη ενέργεια στο έδαφος.



Εικόνα 7.8
Ποιος φοβάται την ανισοκατανομή των γεωφυσικών όπλων;

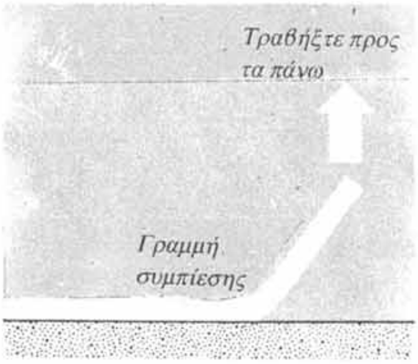
ναι το φυσικό φαινόμενο, που προκαλεί τη μετατροπή του ασπραδιού από διαφανές και υγρό σε αδιαφανές και «σφιχτό», όταν το βράζετε;

7.10

Ξετυλίξτε μια συγκολλητική ταινία

Μια κολλητική ταινία είναι αδύνατο πρακτικά να προσκολληθεί σ' όλα τα ανώμαλα σημεία της επιφάνειας, που την τοποθετούμε. Και όμως προβάλλει σθεναρή αντίσταση, όταν προσπαθήσουμε να την τραβήξουμε και να την ξεκολλήσουμε.

Η προσκόλληση οφείλεται μερικώς σε μια γραμμή συμπίεσης, που ακολουθεί τη διαχωριστική γραμμή επιφάνειας και ταινίας (εικ. 7.10). Μπορείτε να διακρίνετε τη γραμμή συμπίεσης, αν αποκολλήσετε αργά - αργά δύο κολλητικές ταινίες, τις οποίες είχατε συγκολλήσει. Ποια είναι η αιτία της συμπίεσης αυτής;



Εικόνα 7.10

Διατμητικές τάσεις

7.11

Πατημασιές στην άμμο

Έχετε πατήσει ποτέ την άμμο κάποιας παραλίας, τη στιγμή ακριβώς που απομακρύνεται το κυματάκι από πάνω της; Στο σημείο που την πατάτε, στεγνώνει και ασπρίζει. Η συνηθισμένη ερμηνεία του φαινόμενου αναφέρει ότι το βάρος σας απομακρύνει το νερό από την άμμο, πράγμα το οποίο δεν αληθεύει, διότι η άμμους δε συμπεριφέρεται όπως το σφουγγάρι. Ποια είναι όμως η αιτία του φαινομένου αυτού; Το φαινόμενο διαρκεί, όσο χρόνο στέκεστε ακίνητοι;

Πίεση

7.12

Ένα μπαλόνι γεμάτο νερό και άμμο

Ρίξτε μέσα σ' ένα λαστιχένιο μπαλόνι άμμο και νερό. Το νερό να καλύπτει την άμμο αλλά να μη γεμίζει όλο το μπαλόνι. Κλείστε το στόμιό του και προσπαθήστε να το συμπιέσετε. Στην αρχή φαίνεται εύκολο αυτό, έτσι δεν είναι; Αν συνεχίσετε όμως να πιέζετε, θα φτάσετε σ' ένα σημείο, που θα σας είναι αδύνατο να συμπιέσετε άλλο, όση δύναμη κι αν βάλετε. Τι προκαλεί αυτήν την ξαφνική και σταθερή αντίσταση σε κάθε πρόσθετη προσπάθειά σας;

7.13

Αγοράζοντας ένα σακί καλαμπόκι

Κάποια εποχή πουλούσαν το καλαμπόκι, υπολογίζοντας τον όγκο του και όχι το βάρος του. Οι πωλητές κατά συνέπεια προσπαθούσαν να του δώσουν το μέγιστο δυνατό όγκο, πριν το πουλήσουν. Ένα γεμάτο σακί ήταν δυνατό να περιέχει πολύ λιγότερους σπόρους απ' όσους υπήρχαν σ' ένα ίδιο σακί που το πουλούσε ένας τίμιος έμπορος. Όταν ήθελε ο αγοραστής να λύσει το παραπάνω πρόβλημα, προσπαθούσε να συμπιέσει το σακί, για να αυξήσει την πυκνότητα του καλαμποκιού. Όταν συμπιέζεται το σακί μικραίνει ο όγκος του καλαμποκιού; Στην πραγματικότητα συμβαίνει το τελείως αντίθετο. Γιατί;

Κοσμική ακτινοβολία

Ηλιακές εκλάμψεις

Αντιδράσεις σωματίων

7.14

Πόση ακτινοβολία δέχεται ένα αεροπλάνο

Εγκυμονούν κινδύνους για τους επιβάτες των αεροπλάνων, που πετούν σε μεγάλο ύψος, οι ηλιακές εκλάμψεις και η ακτινοβολία του Γαλαξία; Όταν το αεροπλάνο απογειωθεί και αρχίζει να ανυψώνεται, η συνολική ακτινοβολία που δέχεται, μειώνεται στα πρώτα 500 μέτρα και στη συνέχεια αρχίζει να αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση του ύψους. Γιατί; Εάν υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στην κοσμική ακτινοβολία, τι είναι αυτό που τις προκαλεί;

Ιονισμός και διέγερση

Ακτινοβολία Cerenkov

7.15
Οι «αστραπές», που είδαν οι αστροναύτες

Οι αστροναύτες που πήγαν στη σελήνη, ενώ ταξίδευαν στο Διάστημα είδαν άσπρες λάμψεις, όμοιες μ' αυτές των αστεριών. Οι λάμψεις αυτές γίνονταν αντιληπτές μία η δύο φορές το δευτερόλεπτο και οι αστροναύτες τις έβλεπαν και με ανοιχτά αλλά και με κλειστά μάτια. Παράγονταν προφανώς από την κοσμική ακτινοβολία· αλλά πώς; Γιατί είδαν οι αστροναύτες σημειακές λάμψεις (που είχαν κάποτε μπλε ουρά) και όχι μια αίγλη, που να καλύπτει όλο το οπτικό τους πεδίο; Μπορούν να δουν τις λάμψεις αυτές οι επιβάτες των αεροπλάνων, που πετούν σε μεγάλο ύψος; (εικ. 7.15)

Αλληλεπίδραση Ακτίνων Χ, υπερέρυθρης και υπεριώδους ακτινοβολίας με την ύλη

7.16
Η χρησιμοποίηση των ακτίνων Χ στα μουσεία

Συχνά χρησιμοποιούμε την υπεριώδη και την υπερέρυθρη ακτινοβολία καθώς και τις ακτίνες Χ, για να φέρουμε στο φως πίνακες που κρύβονται κάτω από ξαναζωγραφισμένους μουσαμάδες. Κατορθώνουμε ακόμη να εντοπίζουμε τις διάφορες μετατροπές που έχει επιφέρει κάποιος ζωγράφος, κι έτσι να αποκαθιστούμε τον πίνακα στην αρχική του μορφή.

Οι ίδιες τεχνικές χρησιμοποιούνται για να αποκαλύψουμε τους πλαστούς πίνακες. Ο Hans van Meegeren για παράδειγμα, ο φημισμένος πλαστογράφος, ζωγράφιζε τις απομιμήσεις του πάνω σ' έναν παλιό και φθηνό πίνακα. Με τον τρόπο αυτό, το καναβάτσο του παλαιού πίνακα εφοδίαζε τις απομιμήσεις του με κύρος αυθεντικότητας. Εφόσον επιδρούν πάνω στο πρώτο στρώμα του πίνακα η υπεριώδης και η υπερέρυθρη ακτινοβολία καθώς και οι ακτίνες Χ, πρέπει βεβαίως να επιδρούν και στο δεύτερο στρώμα. Πώς διακρίνονται όμως τα δυο στρώματα;

7.17
Το πυρηνικό μανιτάρι

Τι είναι αυτό που προκαλεί την πύρινη σφαίρα, την ολόφωτη εκείνη σφαίρα, που συνοδεύει την πυρηνική έκρηξη; Με άλλα λόγια τι παράγει το φως; Πόσο χρόνο ζει η σφαίρα αυτή; Τέλος γιατί είναι κόκκινη ή καφεκόκκινη αρχικά, ενώ αργότερα γίνεται λευκή;



Εικόνα 7.15
(Με την άδεια του John Hart. Field Enterprises)



(Από το «Ελλάδα Ελλαδάρα μας!» του Κώστα Μητρόπουλου – Εκδ. Gutenberg)

7.18

Οι προστατευτικές ασπίδες στο «*Dune*»

Στο κλασικό πια βιβλίο επιστημονικής φαντασίας του Frank Herbert με τον τίτλο *Dune*, οι άνθρωποι έχουν μπροστά τους ασπίδες, που δημιουργούν κάτι σαν «πεδίο δυνάμεων». Το πεδίο αυτό μπορούν και το διασχίζουν μόνο τα αντικείμενα, που μετακινούνται αργά. Έτσι προστατεύονται από τις σφαίρες και τα μαχαίρια και μπορούν να αναπνέουν. Είναι δυνατό να κατασκευασθεί μια τέτοια προστατευτική ασπίδα με βάση τους νόμους της φυσικής;

Εξηγώντας στη γιαγιά μου τη φύση των υλικών. (7.19 έως 7.24)

7.19

Η τριβή

Θα μπορούσατε να εξηγήσετε στη γιαγιά μου ποια είναι η φύση της τριβής; Για να τα καταφέρετε, θα σας συμβούλευα να μη χρησιμοποιήσετε επιστημονικούς όρους. Με απλά λόγια θα καταλάβει καλύτερα.

Μήπως οφείλεται στις ανωμαλίες των επιφανειών των σωμάτων, που έρχονται σ' επαφή μεταξύ τους; Μήπως σε ηλεκτροστατικές δυνάμεις; Οι μοριακές δυνάμεις προκαλούν τοπική προσκόλληση; Μήπως εισχωρεί η σκληρότερη επιφάνεια στη μαλακότερη οπότε και «κολλάει» η μια με την άλλη; Το θέμα μας είναι τόσο παλιό, τόσο κοινοτοπικό και έχει μελετηθεί τόσο τέλεια, ώστε είναι λογικό να υπάρχει μια απλή εξήγηση.

7.20

Η σκεπή που χύνεται

Ο καθεδρικός ναός της Washington κατασκευάστηκε με πρότυπο τις μητροπόλεις της μεσαιωνικής Αγγλίας. Η σκεπή φτιάχτηκε από μόλυβδο διότι και στην Αγγλία, μια και υπήρχε άφθονος μόλυβδος, τον είχαν χρησιμοποιήσει για τις σκεπές των εκκλησιών. Για κακή τους τύχη, διαπιστώθηκε ύστερα από λίγα χρόνια ότι «η μολυβένια σκεπή με τα απαλά χρώματα γλιστρούσε αδυσώπητα προς τα κάτω, και ότι έρρεε ο μόλυβδος μέσα από τα καρφιά και τα στηρίγματα». Προφανώς υπεύθυνοι για τη ροή αυτή ήταν δύο παράγοντες: το γεωγραφικό πλάτος της Washington και η μεγάλη καθαρότητα του μολύβδου που παράγεται στις μέρες μας. Πώς όμως δικαιολογούν αυτοί οι παράγοντες τη ροή του μολύβδου;

7.21

Ο σχισμός

«... εξόριστε Ποιητή,
στον αιώνα σου, λέγε, τι βλέπεις;
– Βλέπω τά πελέκια στον αέρα
σκίζοντας προτομές Αύτοκρατόρων
και Στρατηγών...»*

Ο. Ελύτης

Η επιδεξιότητα ενός τεχνίτη που επεξεργάζεται διαμάντια, συνίσταται στο να τα κόβει εκεί ακριβώς που θέλει. Και η γλυπτική απαιτεί καλή γνώση του σχισμού.

Εάν έχετε κόψει ποτέ ένα γυάλινο σωλήνα, π.χ. τις αμπούλες των ενέσεων, θα χρησιμοποιήσατε, φαντάζομαι, το τέχνασμα εκείνο, που συνίσταται στο να σύρετε μια μικρή χαραγματιά πάνω στο σωλήνα και στη συνέχεια να τον σπάσετε. Η τεχνική αυτή σας βοηθά να κάνετε την εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα λεία και όχι πριονωτή.

Τι είναι αυτό που προσδιορίζει τη θέση της σχίσεως; Και γιατί δημιουργείται και επεκτείνεται;

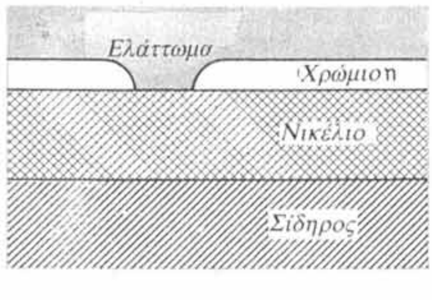
Μπορώ να σπάσω ένα κομμάτι γυαλί με μια δύναμη πολύ μικρότερη απ' αυτήν που δημιουργείται από το χημικό δεσμό· παρόλα αυτά όμως ο δεσμός σπάει. Πώς επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός ατόμου από άτομο με τόσο μικρή σχετικά δύναμη;

Σ.τ.Μ.: Από το «Άξιον Εστί» (Εκδ. Ίκαρος)

7.22

Η διάβρωση του χρωμίου

Τα «χρώμια» του αυτοκινήτου σας παθαίνουν διάβρωση με το πέρασμα του χρόνου, αν και η πιθανότητα αυτή έχει μειωθεί πολύ τώρα τελευταία. Η διάβρωση ξεκινά από τα ελαττώματα του εξωτερικού στρώματος που αποτελείται από χρώμιο (εικ. 7.22). Στο παρελθόν οι μηχανικοί προσπαθούσαν, όσο μπορούσαν, να κάνουν το στρώμα αυτό πιο παχύ και συνεχόμενο, για να μειώσουν την



Εικόνα 7.22
Η διάβρωση αναπτύσσεται γύρω από τα ελαττώματα του χρωμίου.

πιθανότητα δημιουργίας ελαττωμάτων. Παρά τις προσπάθειές τους, τα ελαττώματα εμφανίζονταν με την πάροδο του χρόνου, αν και η χρήση του αυτοκινήτου ήταν λογική. Παρατηρήθηκε, πάντως, ότι η διάβρωση ήταν λιγότερο πιθανή, στην περίπτωση που το στρώμα του χρωμίου ήταν γεμάτο από μικρά ελαττώματα. Γιατί; Ένα ελάττωμα λοιπόν στο στρώμα του χρωμίου προκαλεί διάβρωση, ενώ πολλά ελαττώματα προκαλούν μείωσή της. Γιατί;

7.23
Το γυάλισμα των ασημικών

Το προσεχτικό γυάλισμα των ασημικών είναι μια δουλειά που τη βαριέται αφάνταστα ο πολύς κόσμος. Τι αποτέλεσμα φέρνει το τρίψιμο; Προκαλεί μια μικρή τοπική λείανση, λιώνει το μέταλλο, ή απλώνει τα εξογκώματα μέσα στα βαθουλώματα; Στην πραγματικότητα «το γυάλισμα των μετάλλων είναι ένα πρόβλημα που παρέμεινε άλυτο, από τότε που προσπάθησε να το εξηγήσει ο Νεύτωνας στηριζόμενος στη Φυσική, εδώ και τρεις αιώνες δηλαδή».

Με όσα αναφέραμε δε θέλουμε να υποτιμήσουμε τις σύγχρονες μελέτες που έριξαν κάποιο φως στην υπόθεση. Τι εννοούμε λοιπόν με τον όρο «λεία επιφάνεια»; Λεία σε σχέση με τι; Τι συμβαίνει σε μια επιφάνεια επί μοριακού επιπέδου, εάν το γυάλισμα είναι λείανση, τήξη ή μετατόπιση των εξογκωμάτων;

7.24
Sticky fingers*

Με ποιο τρόπο κολλά μια κολλητική ταινία; Το ερώτημα φαίνεται απλό, αν και είναι πολύ δύσκολο να απαντηθεί. Θα προσπαθήσετε, υποψιάζομαι, να απαντήσετε το ερώτημα φέρνοντας στο νου σας χωρίς πολλούς ενδοιασμούς τις διαμοριακές δυνάμεις. Θα σας συμβούλευα όμως να μη βιαστείτε, διότι μια απάντηση με τέτοιο σκεπτικό θα προκαλέσει σίγουρα πολλές εγγενείς δυσκολίες. Για να κατανοήσετε τη δυσκολία του προβλήματος, θα σας θέσω μερικές προκαταρκτικές ερωτήσεις: Τι είναι λοιπόν αυτό, που εξασφαλίζει τη συνοχή σ' ένα φλιτζάνι του καφέ; Οι διαμοριακές δυνάμεις; Υποθέστε λοιπόν ότι το σπάω στα δυο και έπειτα φέρνω σε επαφή τα δύο κομμάτια του. Θα ενωθούν το ένα με το άλλο; Όχι φυσικά! Οι διαμοριακές δυνάμεις δεν παρέμειναν ίδιες;

Η κόλλα και οποιαδήποτε άλλη κολλητική ουσία βοηθούν στο να συγκρατούνται δύο σώματα ενωμένα· πώς όμως; Οι συγκολλητικές ουσίες πρέπει να είναι κολλώδεις; Πρέπει να είναι υγρές; Γιατί μερικές ουσίες έχουν τη δυνατότητα να συγκολλούν και άλλες όχι; Υπάρχουν υλικά που μπορούμε να τα συγκολλήσουμε με οποιαδήποτε συγκολλητική ουσία; Υπάρχουν περιπτώσεις που πρέπει να συγκολλούνται δύο υλικά από μόνα τους, χωρίς συγκολλητική ουσία. Στα πρώτα διαστημικά ταξίδια με επανδρωμένα διαστημόπλοια πρόσεξαν ιδιαίτερα ώστε να κολλούν τα πέλματα των αστροναυτών στα μεταλλικά τοιχώματα του διαστημόπλοιου. Γιατί ήταν σημαντική η συγκόλληση αυτή; Γενικά πάντως πρέπει να χαιρόμαστε που δεν είναι συνηθισμένο το είδος της αυτόματης «συγκόλλησης», διότι διαφορετικά θα' χε μεταβληθεί το σύμπαν από καιρό σ' ένα «κολλώδες χάος».

*Τίτλος ενός άλμπουμ των Rolling Stones.

Απαντήσεις

1

1.1 Το τρίξιμο και το στρίγγλισμα, που παράγεται σ' αυτές τις περιπτώσεις, οφείλεται σε μια διαδικασία «διαδοχικών προσκολλήσεων και γλιστριμάτων». Στο παράδειγμα της κιμωλίας, που την κρατάμε αδέξια, από την πρώτη στιγμή προσκολλάται στον πίνακα και καθώς τη σύρουμε, αρχίζει ξαφνικά να γλιστρά και να ταλαντώνεται, χτυπώντας περιοδικά τον πίνακα και παράγοντας το στριγκό ήχο. Καθώς ελαττώνονται οι ταλαντώσεις, η τριβή μεταξύ κιμωλίας και πίνακα αυξάνει, έως ότου η κιμωλία προσκολληθεί πάλι στον πίνακα και το φαινόμενο επαναληφθεί.

1.2 Το δάχτυλο προκαλεί διαμήκεις ταλαντώσεις, δηλαδή ταλαντώσεις κατά μήκος της περιμέτρου του χείλους. Το χείλος επιπρόσθετα ταλαντώνεται εγκάρσια, δηλαδή σε διεύθυνση κάθετη στην περίμετρό του. Αυτή η δεύτερη, ταλάντωση προκαλεί και την κίνηση της επιφάνειας του υγρού. Οι κοιλίες της εγκάρσιας ταλάντωσης, επομένως και της κίνησης του υγρού, σχηματίζουν γωνία 45° με τις κοιλίες της διαμήκους ταλάντωσης. Επειδή στη θέση του δάχτυλου πρέπει να υπάρχει μέγιστη διαμήκης κίνηση, δηλαδή να αντιστοιχεί διαμήκης κοιλία, η κίνηση του υγρού πρέπει να σχηματίζει μια κοιλία σε γωνία 45° με το δάχτυλο.

1.3 Φανταστείτε ότι η μία μεμβράνη ταλαντώνεται και η άλλη όχι. Η μεμβράνη που κινείται, αρχίζει να διεγείρει την άλλη, σπρώχνοντας προς το μέρος της τον μεταξύ τους αέρα. Όταν, όμως, η δεύτερη μεμβράνη αρχίζει να ταλαντώνεται, ο αέρας εμποδίζει την ταλάντωση της πρώτης, αναγκάζοντάς την τελικά να σταματήσει. Εκείνη τη στιγμή η δεύτερη μεμβράνη έχει το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης. Έτσι αυτόματα αντιστρέφεται η διαδικασία και αρχίζει πάλι, μέσω του αέρα, η ταλάντωση της πρώτης μεμβράνης.

1.4 Εάν τυπωθούν στο δίσκο οι χαμηλές συχνότητες στην ίδια ένταση με τις ψηλές, η ταλάντωση της βελόνας θα είναι μεγάλη. Αυτό όμως θα τη ρίχνει στο γειτονικό αυλάκι.

1.5 και **1.6** Και στις δυο αυτές περιπτώσεις είναι φανερό ότι προκαλείται ο ήχος από την ταλάντωση της άμμου, όταν κάποια ποσότητά της αναγκάζεται να κινηθεί από διατμητικές δυνάμεις.
Στο βάδισμα, η άμμος που βρίσκεται κάτω από το πέλμα, πιέζεται προς τα κάτω. Στους αμμόλοφους μια μικρή κατακρήμνιση αναγκάζει κάποια ποσότητα άμμου να γλιστρά πάνω σε μια άλλη ποσότητα.
Αν και δεν έχει εξηγηθεί ακόμη η παραγωγή του βουητού, είναι φανερό ότι περιορίζεται σ' αυτές τις περιπτώσεις, που οι κόκκοι της άμμου είναι σχεδόν σφαιρικοί και ίσου μεγέθους.

1.7 Το σύρσιμο του δοξαριού στην άκρη του δίσκου τον αναγκάζει να ταλαντώνεται. Οι γραμμές της ταλάντωσης, δηλαδή τα σημεία του δίσκου, στα οποία το πλάτος ταλάντωσης είναι μέγιστο ή ελάχιστο, εξαρτώνται από το σχήμα του δίσκου και από τα σημεία, στα οποία ο δίσκος αναγκά-

ζεται να μην ταλαντώνεται, δηλαδή τα σημεία, στα οποία κρατιέται ή στηρίζεται. Κατά τη διάρκεια της δοξαριάς, η άμμος πετάγεται από τις περιοχές μέγιστης ταλάντωσης (που λέγοντα κοιλίες) σε περιοχές που δεν ταλαντώνονται (που λέγονται δεσμοί) δείχνοντάς μας έτσι τις δεσμικές γραμμές. Η ψιλή σκόνη θα έκανε τα ίδια σχήματα, εάν δεν υπήρχε το φαινόμενο της μεταφοράς της από μικρά ρεύματα αέρα, που αναπτύσσονται λόγω ταλάντωσης του δίσκου. Αυτά τα ρεύματα κινούνται κατά μήκος του δίσκου, από τους δεσμούς προς τις κοιλίες και απ' αυτές προς τα πάνω, οπότε και η σκόνη μετακινείται και αποτίθεται στις κοιλίες.

1.8 Οι περισσότεροι από τους ψηλής συχνότητας αρμονικούς αναπτύσσονται, όταν χτυπάμε το μπάντζο με το νύχι του δάχτυλου ή με μια πένα και όχι με το δάχτυλο. Αυτές οι ψηλές συχνότητες δίνουν το ένρινο χρώμα στον ήχο του μπάντζο.

1.9 Η φωνή ταλαντώνει το κουτί, το οποίο με τη σειρά του αναπτύσσει κύματα στο σπάγγο.
Τα κύματα αυτά διεγείρουν σε ταλαντώσεις το δεύτερο κουτί και με την αντίστροφη διαδικασία ο ήχος γίνεται ακουστός.
Το κουτί δεν είναι ευαίσθητο στις χαμηλές συχνότητες της φωνής σας. Έτσι, οι συχνότητες αυτές σβήνουν, μέχρι να φτάσουν στην άλλη άκρη του σκοινιού και η φωνή σας ακούγεται λεπτή.

1.10 Το δοξάρι προσκολλάται διαδοχικά στις χορδές και γλιστρά απ' αυτές, αφήνοντάς τις να ταλαντώνονται στα χρονικά διαστήματα της ολίσθησής του.

1.11 Η συχνότητα ταλάντωσης μιας χορδής εξαρτάται από την πυκνότητα, το μήκος της χορδής και από τη δύναμη που έχει τεντωθεί. Εάν λοιπόν, τεντώνετε μια χορδή, τα δύο πρώτα μεγέθη μένουν σταθερά, ενώ το τρίτο — αύξηση της τάσης της χορδής — συνεπάγεται αύξηση της συχνότητας ταλάντωσης της χορδής. Όταν όμως τεντώνετε ένα λάστιχο, αλλάζουν και τα τρία μεγέθη έτσι ώστε η συχνότητα ταλάντωσής του να μένει ουσιαστικά η ίδια.

1.12 Οι πρώτοι ήχοι δημιουργούνται, όταν ζεσταίνεται ο πυθμένας του δοχείου και σχηματίζονται μικρές φυσαλίδες. Η κάθε μια βγάζει έναν ασθενικό ήχο και όλες μαζί κάνουν να ακούγεται κάτι σαν ψίθυρος. Καθώς συνεχίζεται η θέρμανση, οι φυσαλίδες ξεκολλάνε από τον πυθμένα, ανεβαίνουν στα ψυχρά στρώματα νερού και σκάζουν παράγοντας ένα δυνατότερο ήχο. Αυτός ο θόρυβος συνεχίζεται έως ότου ζεσταθεί όλο το νερό· έτσι μπορούν και ανεβαίνουν οι φυσαλίδες μέχρι την επιφάνεια και σκάζουν. Τότε το νερό βράζει σ' όλη του την ποσότητα και ο ήχος από τις φυσαλίδες που φτάνουν μέχρι την επιφάνειά του, είναι απαλότερος και πλαταγίζει.

1.13 Κατά ένα ποσοστό ο ήχος του ρυακιού οφείλεται στο σχηματισμό φυσαλίδων στο νερό που τρέχει. Με το σχηματισμό των φυσαλίδων παράγεται ένας ασθενικός ήχος· οι ταλαντώσεις όμως του νερού και το σκάσιμο των φυσαλίδων παράγουν πολύ ισχυρότερο ήχο.

1.14 Εάν το στρώμα του χιονιού έχει πολύ χαμηλή θερμοκρασία (−20° C και χαμηλότερα) ο πάγος κάτω από τα πόδια σας δε λιώνει, εξαιτίας της πίεσης του βάρους σας αλλά θα σπάσει (βλ. ακόμη και ερωτήσεις 3.46 - 3.49).

1.15 Τα πολύ μικρά κενά διαστήματα στην επιφάνεια του χιονιού απορροφούν τον ήχο, όπως συμβαίνει με τα υλικά ηχητικής μόνωσης στα περισσότερα μοντέρνα γραφεία. Όσο όμως συμπαγέστερο γίνεται το χιόνι, μειώνεται η ηχητική απορρόφηση.

1.16 Κάθε περιοδική κίνηση μπορεί να παράγει ηχητικά κύματα. Τα περιοδικά τινάγματα, καθώς σπάζει κάθε μια κλωστή, όταν σκίζουμε το ύφασμα, παράγουν ηχητικά κύματα· έτσι ακούτε τον ήχο του σκισίματος.

1.17 Ο κρότος οφείλεται στο σκάσιμο πολύ μικρών φυσαλίδων αερίου μέσα στο λιπαντικό υγρό των συνδέσμων των δαχτύλων, όταν αυτά τεντώνονται, οπότε και μειώνεται η πίεση του υγρού πάνω στις φυσαλίδες.

Χρειάζονται στη συνέχεια μερικά λεπτά για να απορροφηθεί πάλι το αέριο και να είναι έτοιμα τα δάχτυλα για επανάληψη του φαινομένου.

1.18 Ο ήχος προκαλείται από την απελευθέρωση του αέρα μέσα απο τους κόκκους του σταριού, καθώς αυτοί μουσκεύουν στο γάλα, και τελικά σκάζουν.

1.19 Ο ήχος από το σπάσιμο του πάγου οφείλεται στις δυνάμεις που αναπτύσσονται μέσα στον πάγο, καθώς θερμαίνεται. Ο χαρακτηριστικός όμως ήχος του «τηγανίσματος» οφείλεται στο

ζεται να μην ταλαντώνεται, δηλαδή τα σημεία, στα οποία κρατιέται ή στηρίζεται. Κατά τη διάρκεια της δοξαριάς, η άμμος πετάγεται από τις περιοχές μέγιστης ταλάντωσης (που λέγοντα κοιλίες) σε περιοχές που δεν ταλαντώνονται (που λέγονται δεσμοί) δείχνοντάς μας έτσι τις δεσμικές γραμμές. Η ψιλή σκόνη θα έκανε τα ίδια σχήματα, εάν δεν υπήρχε το φαινόμενο της μεταφοράς της από μικρά ρεύματα αέρα, που αναπτύσσονται λόγω ταλάντωσης του δίσκου. Αυτά τα ρεύματα κινούνται κατά μήκος του δίσκου, από τους δεσμούς προς τις κοιλίες και απ' αυτές προς τα πάνω, οπότε και η σκόνη μετακινείται και αποτίθεται στις κοιλίες.

1.8 Οι περισσότεροι από τους ψηλής συχνότητας αρμονικούς αναπτύσσονται, όταν χτυπάμε το μπάντζο με το νύχι του δάχτυλου ή με μια πένα και όχι με το δάχτυλο. Αυτές οι ψηλές συχνότητες δίνουν το ένρινο χρώμα στον ήχο του μπάντζο.

1.9 Η φωνή ταλαντώνει το κουτί, το οποίο με τη σειρά του αναπτύσσει κύματα στο σπάγγο.
Τα κύματα αυτά διεγείρουν σε ταλαντώσεις το δεύτερο κουτί και με την αντίστροφη διαδικασία ο ήχος γίνεται ακουστός.
Το κουτί δεν είναι ευαίσθητο στις χαμηλές συχνότητες της φωνής σας. Έτσι, οι συχνότητες αυτές σβήνουν, μέχρι να φτάσουν στην άλλη άκρη του σκοινιού και η φωνή σας ακούγεται λεπτή.

1.10 Το δοξάρι προσκολλάται διαδοχικά στις χορδές και γλιστρά απ' αυτές, αφήνοντάς τις να ταλαντώνονται στα χρονικά διαστήματα της ολίσθησής του.

1.11 Η συχνότητα ταλάντωσης μιας χορδής εξαρτάται από την πυκνότητα, το μήκος της χορδής και από τη δύναμη που έχει τεντωθεί. Εάν λοιπόν, τεντώνετε μια χορδή, τα δύο πρώτα μεγέθη μένουν σταθερά, ενώ το τρίτο — αύξηση της τάσης της χορδής — συνεπάγεται αύξηση της συχνότητας ταλάντωσης της χορδής. Όταν όμως τεντώνετε ένα λάστιχο, αλλάζουν και τα τρία μεγέθη έτσι ώστε η συχνότητα ταλάντωσής του να μένει ουσιαστικά η ίδια.

1.12 Οι πρώτοι ήχοι δημιουργούνται, όταν ζεσταίνεται ο πυθμένας του δοχείου και σχηματίζονται μικρές φυσαλίδες. Η κάθε μια βγάζει έναν ασθενικό ήχο και όλες μαζί κάνουν να ακούγεται κάτι σαν ψίθυρος. Καθώς συνεχίζεται η θέρμανση, οι φυσαλίδες ξεκολλάνε από τον πυθμένα, ανεβαίνουν στα ψυχρά στρώματα νερού και σκάζουν παράγοντας ένα δυνατότερο ήχο. Αυτός ο θόρυβος συνεχίζεται έως ότου ζεσταθεί όλο το νερό· έτσι μπορούν και ανεβαίνουν οι φυσαλίδες μέχρι την επιφάνεια και σκάζουν. Τότε το νερό βράζει σ' όλη του την ποσότητα και ο ήχος από τις φυσαλίδες που φτάνουν μέχρι την επιφάνειά του, είναι απαλότερος και πλαταγίζει.

1.13 Κατά ένα ποσοστό ο ήχος του ρυακιού οφείλεται στο σχηματισμό φυσαλίδων στο νερό που τρέχει. Με το σχηματισμό των φυσαλίδων παράγεται ένας ασθενικός ήχος· οι ταλαντώσεις όμως του νερού και το σκάσιμο των φυσαλίδων παράγουν πολύ ισχυρότερο ήχο.

1.14 Εάν το στρώμα του χιονιού έχει πολύ χαμηλή θερμοκρασία (–20° C και χαμηλότερα) ο πάγος κάτω από τα πόδια σας δε λιώνει, εξαιτίας της πίεσης του βάρους σας αλλά θα σπάσει (βλ. ακόμη και ερωτήσεις 3.46 - 3.49).

1.15 Τα πολύ μικρά κενά διαστήματα στην επιφάνεια του χιονιού απορροφούν τον ήχο, όπως συμβαίνει με τα υλικά ηχητικής μόνωσης στα περισσότερα μοντέρνα γραφεία. Όσο όμως συμπαγέστερο γίνεται το χιόνι, μειώνεται η ηχητική απορρόφηση.

1.16 Κάθε περιοδική κίνηση μπορεί να παράγει ηχητικά κύματα. Τα περιοδικά τινάγματα, καθώς σπάζει κάθε μια κλωστή, όταν σκίζουμε το ύφασμα, παράγουν ηχητικά κύματα· έτσι ακούτε τον ήχο του σκισίματος.

1.17 Ο κρότος οφείλεται στο σκάσιμο πολύ μικρών φυσαλίδων αερίου μέσα στο λιπαντικό υγρό των συνδέσμων των δαχτύλων, όταν αυτά τεντώνονται, οπότε και μειώνεται η πίεση του υγρού πάνω στις φυσαλίδες.

Χρειάζονται στη συνέχεια μερικά λεπτά για να απορροφηθεί πάλι το αέριο και να είναι έτοιμα τα δάχτυλα για επανάληψη του φαινομένου.

1.18 Ο ήχος προκαλείται από την απελευθέρωση του αέρα μέσα απο τους κόκκους του σταριού, καθώς αυτοί μουσκεύουν στο γάλα, και τελικά σκάζουν.

1.19 Ο ήχος από το σπάσιμο του πάγου οφείλεται στις δυνάμεις που αναπτύσσονται μέσα στον πάγο, καθώς θερμαίνεται. Ο χαρακτηριστικός όμως ήχος του «τηγανίσματος» οφείλεται στο

«σκάσιμο» των πολύ μικρών φυσαλίδων αέρα, που έχουν παγιδευτεί μέσα στον πάγο, που, καθώς λιώνει η επιφάνειά του, φτάνει σ' αυτές. Πάγος που δεν περιέχει τέτοιες φυσαλίδες, λιώνει παράγοντας μόνο τον ήχο του σπασίματος.

1.20 Το γεγονός ότι η ταχύτητα του ήχου είναι μεγαλύτερη στο έδαφος παρά στον αέρα, δεν έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, μια και τα άλογα τρέχουν πολύ πιο αργά απ' ό,τι ο ήχος στον αέρα. Ο κύριος λόγος που ακούγεται ο ήχος από το έδαφος είναι ότι υπάρχουν σ' αυτό πολύ λιγότερα αντικείμενα, που παρεμβάλλονται στην πορεία του ήχου. Έτσι η διάχυση και εξασθένησή του είναι μικρότερη.

1.21 Οι συχνότητες συντονισμού του στόματός σας (καθώς και κάθε όγκου αέριου που μπορεί να συντονιστεί, π.χ. αντηχεία, ηχητικοί σωλήνες), εξαρτώνται ευθέως από την ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο αέριο που περικλείει. Η ταχύτητα του ήχου είναι μεγαλύτερη στο ήλιο (He) απ' ό,τι στον ατμοσφαιρικό αέρα· επομένως η φωνή σας θα έχει μεγαλύτερο ύψος.

1.22 Ο αέρας που έχει παγιδευτεί στη σκόνη του καφέ, απελευθερώνεται καθώς ο καφές διαλύεται στο νερό. Επειδή η ταχύτητα διάδοσης του ήχου είναι μικρότερη στον αέρα απ' ό,τι στο νερό, η ταχύτητα του ήχου στο μίγμα αέρα - νερού θα είναι μικρότερη από την ταχύτητα στο νερό που δεν περιέχει καφέ. Κατά τη διάρκεια, λοιπόν του φαινομένου, καθώς ο αέρας διαφεύγει προς το περιβάλλον, οι συχνότητες συντονισμού του μίγματος, που εξαρτώνται ευθέως από την ταχύτητα του ήχου, θα είναι χαμηλότερες. Γι' αυτό ακούτε ένα βαρύτερο τόνο, μέχρις ότου διαφύγει όλος ο αέρας.

1.23 Ζεσταίνεται επειδή οι συχνότητες συντονισμού των πνευστών οργάνων εξαρτώνται ευθέως από την ταχύτητα του ήχου· έτσι ο αέρας του πνευστού οργάνου ζεσταίνεται από την αναπνοή του μουσικού, η ταχύτητα του ήχου μέσα σ' αυτό αυξάνει, με αποτέλεσμα να αυξάνουν οι παραπάνω συχνότητες.
Το ζέσταμα των εγχόρδων οργάνων με την τριβή των δαχτύλων διαστέλλει τις χορδές, με συνέπεια να μικραίνει η τείνουσα δύναμή τους και έτσι να μικραίνουν οι συχνότητες συντονισμού τους.

1.24 Σε ορισμένες από το έδαφος αποστάσεις η συμβολή του ήχου, που φτάνει κατευθείαν από το αεροπλάνο, με τον ήχο, που ανακλάται στο έδαφος, μπορεί να ενισχύσει ορισμένες συχνότητες. Το ύψος πάνω από το έδαφος στο οποίο μπορεί να συμβεί συμβολή σε φάση (δηλαδή το ένα κύμα να ενισχύει το άλλο) εξαρτάται από το μήκος κύματος του ήχου. Όσο πιο κοντά στο έδαφος, τόσο μικρότερο πρέπει να είναι το μήκος κύματος για μια συμβολή σε φάση.
Έτσι, όσο πιο κοντά βρίσκεστε στο έδαφος, τόσο θα ακούτε ήχους που προέρχονται από συμβολή μικρότερων μηκών κύματος, άρα τόσο μεγαλύτερης συχνότητας.
Όσο θα σηκώνετε το κεφάλι σας από το έδαφος, τόσο μεγαλύτερα μήκη κύματος, άρα μικρότερες συχνότητες, θα ακούτε.

1.25 Ο ήχος ο οποίος ενισχύεται κατά τη διαδρομή του μέσα στο σωλήνα, πρέπει να ανακλάται στα τοιχώματά του με μία ορισμένη γωνία, η οποία εξαρτάται από το μήκος κύματος του ήχου.
Οι ήχοι με τα μεγαλύτερα μήκη κύματος, οι οποίοι ενισχύονται και ακούγονται, πρέπει να ανακλώνται με μεγαλύτερη γωνία από αυτούς με τα μικρότερα μήκη κύματος· επομένως η απόσταση που διανύουν οι πρώτοι, καθώς διαδίδονται μέσα στο σωλήνα, μεταξύ δυο διαδοχικών ανακλάσεων, μικραίνει, με αποτέλεσμα να καθυστερούν περισσότερο να φτάσουν στο τέλος του σωλήνα. Έτσι ένας παρατηρητής που βρίσκεται εκεί, θα ακούσει πρώτα τους ήχους με τα μικρότερα μήκη κύματος (ψηλές συχνότητες) και προοδευτικά, στη συνέχεια, τα μεγαλύτερα μήκη κύματος (χαμηλότερες συχνότητες).

1.26 Για να έχουμε καθαρή ηχώ, θα πρέπει ο ανακλώμενος ήχος να φτάνει σε μας σε χρόνο όχι λιγότερο από 50msec σε σύγκριση με τον άμεσο ήχο. Περιορίζοντας τις ανακλάσεις από τους τοίχους θα ελαττωθεί δραστικά η πλούσια ακουστική της αίθουσας. Οι τοίχοι σχεδιάζονται έτσι, ώστε να διαχέουν τον ήχο σ' ολόκληρη την αίθουσα. Μερικά από τα δομικά στοιχεία των τοίχων είναι μικρά για να «σκορπίζουν» τα μικρά μήκη κύματος (ή τις ψηλές συχνότητες), ενώ άλλα στοιχεία τους ή χαρακτηριστικά τους είναι μεγάλα για να «διασκορπίζουν» τα μεγάλα μήκη κύματος (ή τις χαμηλές συχνότητες). Αυτή η διάχυση του ήχου περιορίζει σημαντικά τα «νεκρά» σημεία της αίθουσας, τα σημεία δηλαδή, στα

οποία συμβαίνει συμβολή ηχητικών κυμάτων σε αντίθεση φάσης.

1.27 Οι ηχητικές ακτίνες που εκπέμπονται από κάποια εστία μέσα σε μια ελλειψοειδή αίθουσα, εστιάζονται σε κάποιο άλλο της σημείο έτσι ώστε η ομιλία από το πρώτο σημείο να ακούγεται στο δεύτερο.

1.28 Ο ήχος ταξιδεύει γρηγορότερα στο θερμό απ' ό,τι στον κρύο αέρα. Εάν η θερμοκρασία του αέρα ελαττώνεται με το ύψος, τότε το πάνω μέρος ενός οριζόντιου ηχητικού κύματος θα διαδίδεται πιο αργά σε σύγκριση με το κάτω του μέρος και έτσι η ηχητική ακτίνα θα έχει απόκλιση προς τα πάνω. Με μια τέτοια κατανομή θερμοκρασίας στον αέρα, δεν είναι δυνατό να ταξιδέψει ο ήχος σε μεγάλη απόσταση κοντά στο έδαφος, αφού θα διαθλάται αποκλίνοντας προς τα πάνω και θα απομακρύνεται απ' αυτό. Μία κρύα μέρα η θερμοκρασία του αέρα μπορεί να αυξάνει με το ύψος, ειδικά πάνω από μια λίμνη, οπότε και ο ήχος διαθλάται, αποκλίνοντας προς τα κάτω, αντίθετα δηλαδή από τα προηγούμενα. Σ' αυτή την περίπτωση ο ήχος θα ταξιδεύει πολύ περισσότερο κοντά στο έδαφος.

1.29 Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα αυξάνει, όσο αυξάνει η θερμοκρασία του αέρα. Έτσι, καθώς φτάνει ένα ηχητικό κύμα στα όλο και θερμότερα στρώματα αέρα της στρατόσφαιρας, το πάνω μέρος του θα διαδίδεται γρηγορότερα σε σύγκριση με το κάτω του μέρος, προκαλώντας απόκλιση της ηχητικής ακτίνας προς τα κάτω (σ.τ.Μ: το φαινόμενο, το οποίο περιγράφεται, είναι προφανώς το φαινόμενο της διάθλασης και τελικά ολικής ανάκλασης στα ανώτερα στρώματα). Ο ήχος, λοιπόν, θα ακουστεί στην περιοχή του εδάφους που θα καταλήξει. Εντωμεταξύ ένα μέρος του ήχου διαδόθηκε οριζόντια, μέχρις ότου διαχύθηκε ή απορροφήθηκε από διάφορα αντικείμενα στο έδαφος. Μεταξύ του εξωτερικού μέρους της περιοχής που διαδόθηκε οριζόντια ο ήχος και της περιοχής που ο ήχος ακούστηκε μέσω της στρατόσφαιρας, υπάρχει μία περιοχή στην οποία δεν ακούγεται καθόλου (ζώνη σιωπής). Αν ο ήχος που έφτασε από τη στρατόσφαιρα ανακλαστεί ικανοποιητικά στο έδαφος — και δεν απορροφηθεί — τότε μπορεί να διαδοθεί πάλι προς τη στρατόσφαιρα και με την ίδια διαδικασία να επιστρέψει πάλι στο έδαφος, δημιουργώντας μια ακόμη περιοχή, στην οποία ακούγεται ο ήχος και αποδίδεται με άσπρο χρώμα στην εικ. 1.29.

1.30 Η διάχυση του ήχου από μικρά αντικείμενα σε σχέση με το μήκος κύματος του ήχου, εξαρτάται αντιστρόφως ανάλογα από την τέταρτη δύναμη του μήκους κύματος. Τα μικρά δηλαδή μήκη κύματος (υψηλές συχνότητες αντίστοιχα) διαχέονται περισσότερο από τα μεγάλα μήκη κύματος (χαμηλές συχνότητες). Έτσι η ηχώ μιας κραυγής, θα είναι οξύτερη από την ίδια κραυγή, αφού οι υψηλές της συχνότητες επιστρέφουν με μεγαλύτερη ένταση.

1.31 Οι συνεχείς ανακλάσεις στους τοίχους του θόλου, ενισχύουν τα ηχητικά κύματα μέσα σε μια στενή ζώνη γύρω από την περίμετρο του θόλου. Αν ο ακροατής βρίσκεται μέσα σ' αυτή τη ζώνη, μπορεί και ακούει τους ψίθυρους. Σε απόσταση όμως από τον τοίχο η ενίσχυση του ήχου παύει και οι ψίθυροι γίνονται ακαθόριστοι. Ένας ψίθυρος παρουσιάζει καλύτερα το φαινόμενο αυτό, γιατί έχει περισσότερες υψηλές συχνότητες απ' ό,τι οι ήχοι στη φυσιολογική μας ομιλία, οπότε και η ζώνη, που ακούγεται ο ήχος, γίνεται ευρύτερη.

1.32 Ας υποθέσουμε ότι στέκεστε ακριβώς απέναντι από έναν ξύλινο φράχτη. Ο ήχος που ανακλάται από ένα ξύλο του φράχτη αριστερά σας, θα επιστρέψει σε σας λίγο γρηγορότερα από τον ήχο που θα ανακλαστεί στο επόμενο ξύλο, που βρίσκεται αριστερότερα από το προηγούμενο. Η βαθμιαία επιστροφή των ήχων προκαλεί τη «μουσικότητα» στην ηχώ.
Η συχνότητα του τόνου είναι αντιστρόφως ανάλογη του χρονικού διαστήματος που διαρρέει μεταξύ δύο διαδοχικών ανακλάσεων σε γειτονικά ξύλα.

1.33 Ο ήχος από το εξωτερικό μέρος του κυκλώνα είναι πιθανό να μη φτάνει στο εσωτερικό του, επειδή διαθλάται εντονότατα από τα ταχύτατα ρεύματα αέρα, που περιστρέφονται. Ακόμη, στο εσωτερικό του κυκλώνα είναι πιθανό να δημιουργείται η αίσθηση της σιωπής, για το λόγο ότι κάποιος δεν μπορεί να ακούσει όταν ξαφνικά βρίσκεται σ' ένα χώρο χαμηλής πίεσης (η ακρόαση είναι δύσκολη στ' αεροπλάνο, έως ότου τ' αυτιά σας συνηθίσουν στην αλλαγή της πίεσης, που συνοδεύει την προσγείωση και απογείωση).

1.34 Η απάντηση σ' αυτή την

ερώτηση εξαρτάται από τη μορφή της γέφυρας. Κάθε ένα από τα δύο φαινόμενα είναι πιθανό να κυριαρχεί πάνω στο άλλο ή να έχουν ισότιμη παρουσία και τα δύο.

1.35 Αυτό συμβαίνει, όχι διότι έχουν μικρότερη απόσβεση τα ηχητικά κύματα, αν κινούνται προς την κατεύθυνση πνοής του ανέμου αλλά διότι σ' αυτή την κατεύθυνση διαθλώνται προς τα κάτω, ενώ στην αντίθετη απ' αυτήν που πνέει ο άνεμος, διαθλώνται προς τα πάνω. Λόγω των εμποδίων του έδαφους η ταχύτητα του ανέμου, όπως είναι φυσικό, αυξάνει στα μεγαλύτερα ύψη. Έτσι το ηχητικό κύμα που αρχικά κινείται οριζόντια στην κατεύθυνση που φυσά ο άνεμος, θα κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα στο επάνω τμήμα απ' ό,τι στο κάτω, γεγονός που προκαλεί τη διάθλαση του κύματος προς τα κάτω. Για τους ίδιους λόγους ο ήχος, που κινείται με κατεύθυνση αντίθετη του ανέμου, διαθλάται προς τα πάνω.

1.36 Οι βρόντοι προέρχονται πιθανότατα από ανώμαλη διάδοση του ήχου, για την οποία έχουμε ήδη μιλήσει στην ερώτηση 1.29. Οι απομακρυσμένες πηγές μπορεί σ' αυτή την περίπτωση να είναι οποιεσδήποτε, από έκρηξη μέχρι κεραυνό.

1.37 Τα ηχητικά κύματα περιθλώνται στο άνοιγμα που σχηματίζουν δύο θυμωνιές, και έτσι διαδίδονται στο χώρο πίσω απ' αυτές.
Το άνοιγμα της γωνίας, πίσω από τις θυμωνιές, μέσα στην οποία διαδίδεται ο ήχος, είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερα είναι τα μήκη κύματος. Έτσι, αν τα κρωξίματα των πουλιών είχαν μικρότερες συχνότητες, ο ήχος τους θα «απλωνόταν» σε μεγαλύτερη γωνία πίσω από τις θυμωνιές.

1.38 Για τους ίδιους λόγους, που είδαμε στις ερωτήσεις 1.28 και 1.29, ο ήχος μιας αστραπής διαθλάται προς τα πάνω, λόγω του θερμότερου αέρα που υπάρχει κοντά στο έδαφος. Σε απόσταση μεγαλύτερη των 25km, ο ήχος διαθλάται τόσο πολύ προς τα πάνω, ώστε είναι αδύνατο πλέον να ακουστεί από κάποιο παρατηρητή στο έδαφος.

1.39 Το πρόβλημα αυτό προκύπτει από το γεγονός της διάθλασης του ήχου λόγω αλλαγής (βάθμωσης) της θερμοκρασίας, ανάλογα με το βάθος του νερού. Φυσιολογικά η θερμοκρασία του νερού μειώνεται, όσο αυξάνει το βάθος. Έτσι ο ήχος, που αρχικά εκπέμπεται οριζόντια, διαθλάται προς τα κάτω, αφού το πάνω του μέρος διαδίδεται με μεγαλύτερη ταχύτητα (λόγω υψηλότερης θερμοκρασίας του νερού), απ' ό,τι το κάτω. Η διάθλαση του ήχου μπορεί να είναι τόσο έντονη, ώστε να μη φτάσει καθόλου ήχος από το σόναρ στο υποβρύχιο.

1.40 Ο ήχος περιθλάται στο άνοιγμα, όπως και στην ερώτηση 1.37. Αν και είναι σχεδόν κλειστή η πόρτα, ο ήχος που περνά μέσα από το άνοιγμα, απλώνεται πίσω της και διαδίδεται σ' όλο το δωμάτιο.

1.41 Ο ήχος από το μεγάφωνο του κιθαρίστα θα διεγείρει την κιθάρα, οπότε θα ξαναενισχυθεί και στη συνέχεια θα εκπεμφθεί πάλι από το μεγάφωνο, ελάχιστο χρόνο αργότερα. Η συχνότητα του «βόμβου» είναι αντίστροφη του χρόνου που διαρρέει από τον αρχικό ήχο του μεγαφώνου μέχρι την επανεκπομπή του.

1.42 Το άνοιγμα της γωνίας, στο οποίο κατά την περίθλαση διαδίδεται ο ήχος (της γωνίας δηλαδή, μέσα στην οποία απλώνεται ο ήχος, αφού περάσει από το στόμιο της σειρήνας) είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μικρότερο είναι το στόμιο της σειρήνας.
Έτσι, λοιπόν, η στενότερη διάσταση του στόμιου της σειρήνας απλώνει περισσότερο τον ήχο, επομένως η σειρήνα πρέπει να στηρίζεται οριζόντια, όπως φαίνεται στην εικόνα.

1.43 Ανεξάρτητα από την ανάκλαση στα αντικείμενα που σας περιβάλλουν, ακούτε το φίλο σας, όταν σας έχει γυρισμένη την πλάτη του, επειδή ο ήχος περιθλάται στο κεφάλι του. Το άνοιγμα της γωνίας περίθλασης είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερα είναι τα μήκη κύματος (ή μικρότερες οι συχνότητες) των ήχων. Επειδή οι ψίθυροι αποτελούνται κυρίως από ψηλές συχνότητες, δύσκολα ακούγονται από πίσω, γιατί περιθλώνται πολύ λίγο.

1.44 Το ενεργό μήκος του ηχητικού σωλήνα αυξάνεται κατά το ένα τρίτο περίπου της διαμέτρου του για κάθε ανοιχτό άκρο του.
Αυτή η επιμήκυνση αυξάνει τα μήκη κύματος των αρμονικών του σωλήνα (επομένως μειώνει τις συχνότητές τους) και γίνεται σημαντικό σας γεγονός για φαρδείς σωλήνες.

1.45 Ο ήχος χαμηλής συχνότητας μπορεί, για παράδειγμα, να ταλαντώσει το στήθος σας, διότι οι μεταβολές στην πίεση του αέρα είναι αργές και το στήθος σας μπορεί να τις παρακολουθήσει. Εσωτερική αιμορραγία μπορεί να προκληθεί από όργανα που αναγκάζονται να «τριφτούν», μεταξύ τους κατά τη διάρκεια των ταλαντώσεών τους.
Οι ασθενείς εντάσεις υποήχων προκαλούν μόνο ίλιγγους και ναυτίες. Η κοινή αδιαθεσία κατά τη διάρκεια της οδήγησης προκαλείται κατά ένα μέρος από τους υπόηχους, που παράγει το αυτοκίνητο.

1.46 Η αύξηση στο ρυθμό ροής του νερού μέσα στις σωληνώσεις έχει ώς συνέπεια να μεταπίπτει, σε μερικές περιοχές τους, η ροή από στρωτή σε τυρβώδη και να δημιουργούνται φυσαλίδες. Οι ταλαντώσεις των φυσαλίδων μπορεί να ενισχυθούν από τις σωληνώσεις και τους τοίχους, το πάτωμα και το ταβάνι, με τα οποία εφάπτονται.

1.47 Οι ταλαντώσεις του χάλκινου στελέχους δημιουργούν τα στάσιμα ηχητικά κύματα μέσα στο σωλήνα. Η πούδρα λόγω της αυξημένης κίνησης του αέρα στις κοιλίες μετακινείται σταδιακά προς τους δεσμούς, όπου και συσσωρεύεται, σχηματίζοντας τα λοφάκια, που φαίνονται στην εικόνα. Αν η κίνηση του αέρα είναι γρήγορη, δημιουργούνται μικροί στρόβιλοι. Έτσι οι μερικές ρυτιδώσεις της πούδρας σχηματίζονται εκεί που δυο γειτονικοί στρόβιλοι ανεβαίνουν ή κατεβαίνουν μαζί.

1.48 Από το θόρυβο του νερού που χύνεται, ενισχύονται και ακούγονται εκείνες οι συχνότητες, που διεγείρουν σε συντονισμό την αέρια στήλη της μποτίλιας. Απ' αυτές ισχυρότερη είναι η χαμηλότερη συχνότητα (θεμελιώδης αρμονικός)· η τιμή όμως της συχνότητας εξαρτάται από τον όγκο της αέριας στήλης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος της, τόσο χαμηλότερη θα είναι η θεμελιώδης συχνότητα, διαδικασία που συμβαίνει, όση ώρα χύνεται το νερό από την μποτίλια.

1.49 Θόρυβοι από το φυσικό περιβάλλον συμπεριλαμβανομένου και αυτού του απαλού ψίθυρου της αύρας, καθώς περνά μέσα από το όστρακο, διεγείρουν σε ταλάντωση την αέρια στήλη του στις συχνότητες συντονισμού. Αυτές οι συχνότητες δημιουργούν την αυταπάτη ότι ακούμε κάτι σαν το κύμα της θάλασσας μέσα από το όστρακο.

1.50 Το μήκος και η τάση των φωνητικών χορδών καθορίζουν το ύψος της φωνής.
Καθώς η πίεση του αέρα αυξάνει στην τραχεία, οι χορδές ανοίγουν ξαφνικά και στη συνέχεια ξαναπαίρνουν τις αρχικές τους θέσεις. Τέτοιες συνεχείς κινήσεις των χορδών δημιουργούν μεταβολές στην πίεση του αέρα, που βρίσκεται στο στόμα και τη ρινική κοιλότητα, ώστε να παράγονται και να ενισχύονται ορισμένοι αρμονικοί ήχοι.
Συνήθως η φωνή των ανδρών έχει μικρότερο ύψος απ' αυτό των γυναικών, διότι οι ανδρικές φωνητικές χορδές είναι λεπτότερες και μακρύτερες, με συνέπεια να ταλαντώνονται σε χαμηλότερες συχνότητες. Η φωνή των αγοριών «χοντραίνει» σε κάποια περίοδο γρήγορης ανάπτυξης του λάρυγγά τους, οπότε και οι φωνητικές τους χορδές μετασχηματίζονται και από κοντές και λεπτές που ήταν, αποκτούν τις διαστάσεις των ανδρικών χορδών. Κατά τη διάρκεια ενός ψίθυρου οι φωνητικές χορδές χαλαρώνουν, για να απομακρυνθούν από το λάρυγγα. Η συχνότητα του ήχου που παράγεται, εξαρτάται τότε από τις ταλαντώσεις, που δημιουργούν άλλα εμπόδια στο ρεύμα του αέρα και από τις συχνότητες συντονισμού του στόματος και της ρινικής κοιλότητας.

1.51 Όταν τραγουδάτε σε μια μεγάλη και ανοιχτή περιοχή, ακούτε τη φωνή σας χωρίς ανακλάσεις. Αντίθετα μέσα στο λουτρό, κάθε ήχος ανακλάται πολλές φορές στους τοίχους, με αποτέλεσμα να παρατείνεται η αίσθηση που σας δημιουργείται, και να προστίθεται «στιλπνότητα» (δηλαδή συνέχιση των ήχων υψηλής συχνότητας) και «πληρότητα» (δηλαδή συνέχιση των ήχων χαμηλής συχνότητας) στο τραγούδι σας.

1.52 Το ποτήρι μπορεί να ταλαντώνεται με ορισμένες συχνότητες, τις συχνότητες συντονισμού του. Καθώς λοιπόν ο τραγουδιστής «τραγουδά» για μερικά δευτερόλεπτα μία απ' αυτές τις συχνότητες, οι ταλαντώσεις του ποτηριού μπορεί να ξεπεράσουν το όριο θραύσης του και να σπάσει.

1.53 Ο αέρας ουρλιάζει καθώς πέφτει με δύναμη σε καλώδια και γυμνά κλαδιά δέντρων (ερ. 1.55) ή καθώς χτυπά σε γωνίες από στέγες ή σε άλλα αιχμηρά εμπόδια (ερ. 1.56)

1.54 Ο αέρας ρέει από το άκρο που κρατάτε, προς αυτό που περιστρέφεται, διότι η αργή περιστροφή του πρώτου άκρου σημαίνει ότι η πίεση σ' αυτό είναι περίπου ίση με την ατμοσφαιρική, ενώ η γρήγορη περιστροφή του δεύτερου συνεπάγεται τη μείωση της πίεσης σ' αυτό. Καθώς ο αέρας ρέει μέσα στο σωλήνα και πάνω στις αυλακώσεις του, ταλαντώνεται. Οι συχνότητες των ταλαντώσεων του αέρα καθορίζονται από την απόσταση των αυλακώσεων και την ταχύτητα ροής της. Από τις συχνότητες αυτές ο σωλήνας επιλέγει και ενισχύει όσες συμπίπτουν με τις συχνότητες συντονισμού του και είναι αυτές που ακούτε. Η μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής του σωλήνα καθορίζει μεγαλύτερες συχνότητες ταλάντωσης του αέρα· έτσι ο σωλήνας παράγει υψηλότερους αρμονικούς.

1.55 Όταν πνέει ο άνεμος, προσκρούοντας με μεγάλη ταχύτητα σ' ένα καλώδιο ή στο γυμνό κλαδί ενός δέντρου, διαταράσσεται η στρωτή ροή του και δημιουργεί στρόβιλους. Σ' ένα καλώδιο τηλεφώνου, για παράδειγμα, στρόβιλοι σχηματίζονται, διαδοχικά στην πάνω και κάτω μεριά του. Οι στρόβιλοι αυτοί προκαλούν περιοδικές μεταβολές πίεσης του αέρα, οι οποίες τελικά φτάνουν στα αυτιά μας και τα διεγείρουν. Αν ο άνεμος είναι πολύ δυνατός, οι μεταβολές της πίεσης στις δυο μεριές του καλώδιου μπορεί να το αναγκάσουν να ταλαντώνεται, γεγονός, που δεν είναι απαραίτητο για την παραγωγή του ήχου.
Επειδή οι μεταβολές της πίεσης του αέρα οφείλονται σε στρόβιλους και στις δυο μεριές του καλώδιου, αναγκάζεται αυτό να ταλαντωθεί κάθετα προς τη διεύθυνση ροής του ανέμου.

1.56 Στην περίπτωση του «ήχου ακμής» το ρεύμα αέρα «σπάζει», καθώς χτυπά την ακμή σχηματίζοντας στρόβιλους. Η αντίδραση της ακμής δημιουργεί τον ήχο που ακούμε. Μέρος αυτού του ήχου επιστρέφει στην πηγή του ρεύματος αέρα, προκαλώντας κάποια αστάθεια στο ρεύμα με αποτέλεσμα να δημιουργούνται περισσότεροι στρόβιλοι. Όταν οι στρόβιλοι φτάνουν στην ακμή, παράγεται νέος ήχος, και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται. Στην περίπτωση του «ήχου οπής», το μέρος του ήχου που επιστρέφει στην πηγή του ρεύματος αέρα, αλλάζει την ταχύτητα του ρεύματος, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται δαχτυλιδωτοί στρόβιλοι (όπως τα δαχτυλίδια που σχηματίζει ο καπνός του τσιγάρου). Όταν αυτοί χτυπούν την «οπή», παράγεται νέος ήχος, οπότε και επαναλαμβάνεται η όλη διαδικασία. Το σφύριγμα της τσαγιέρας δεν είναι παρά «ήχος οπής». Το στόμιό της έχει δύο μικρές τρύπες, που χωρίζονται με μια μικρή κοιλότητα. Ο αέρας του εσωτερικού της χύτρας, περνώντας πρώτα από τη μια τρύπα, την αναγκάζει να παίζει το ρόλο της πηγής ρεύματος αέρα για τη δεύτερη τρύπα. Έτσι, πολύ πριν αρχίσει το βράσιμο του νερού, το ρεύμα αέρα είναι ασθενικό και αδυνατεί να δημιουργήσει ήχο, όταν διοχετεύεται στη δεύτερη τρύπα. Όταν αρχίζει το νερό να βράζει, το ρεύμα αέρα κινείται γρηγορότερα και σχηματίζει στη δεύτερη τρύπα στρόβιλους, οι οποίοι παράγουν το σφύριγμα που ακούμε.

1.57 Το μπουκάλι της Coca - Cola, το φλάουτο και ο σωλήνας του εκκλησιαστικού οργάνου παράγουν σφυρίγματα διαφορετικά απ' αυτά της ερ. 1.56. Η αιτία βρίσκεται στην ύπαρξη κοιλότητας συντονισμού (που ονομάζεται και αντηχείο) πίσω από την «ακμή» ή την «οπή» που προκαλεί τον ήχο. Από την περιοχή συχνοτήτων του ήχου «ακμής» ή «οπής», το αντηχείο επιλέγει και ενισχύει τη συχνότητα αυτή που συμπίπτει με τη συχνότητα συντονισμού του, και αυτή, βέβαια είναι η συχνότητα που ακούμε.

1.58 Το ρεύμα που διοχετεύει με το φύσημα ο αστυφύλακας στη σφυρίχτρα του, δημιουργεί «ήχο ακμής» από τον οποίο ενισχύεται στην κοιλότητα της σφυρίχτρας μόνο η συχνότητα συντονισμού της. Το στραγάλι στο εσωτερικό της κοιλότητας κλείνει περιοδικά την τρύπα του αέρα, με αποτέλεσμα να δημιουργεί κελαδιστό ήχο.

1.59 Τα χείλη σας επικοινωνούν με μία κοιλότητα συντονισμού (το στόμα σας)· έτσι φαίνεται ότι παράγουν έναν «ήχο οπής». Οι λεπτομέρειες πάντως της ροής του αέρα φαίνεται ότι δεν έχουν ακόμη διευκρινιστεί εντελώς.

1.60 Το χωνί και ο αέρας που περιέχει, παρουσιάζουν αντίσταση στην κίνηση του διαφράγματος, το οποίο μετατρέπει τις κινήσεις μεγάλης ταχύτητας σε μια μικρή επιφάνεια σε κινήσεις μικρής ταχύτητας σε μια μεγαλύτερη επιφάνεια. Όπως γνωρίζετε, ένας μακρύς και στενός σωλήνας μπορεί να αποθηκεύσει ενέργεια με τη μορφή στάσιμων κυμάτων με συχνότητες, βέβαια, ίδιες με

τις συχνότητες συντονισμού του. Ένα διάφραγμα, που θα επικοινωνούσε κατευθείαν με τον αέρα του δωματίου χωρίς την παρεμβολή του χωνιού, θα μπορούσε να ταλαντώνεται τόσο ελεύθερα, ώστε σχετικά πολύ λίγη από την ενέργεια ταλάντωσής του θα μπορούσε να μεταδοθεί στον αέρα.

1.61 Οι μεταβολές της πίεσης των ασταθών στροβίλων που βγαίνουν από τον κεντρικό σωλήνα, φαίνεται ότι αποτελούν την αιτία της δημιουργίας του ήχου.

1.62 Υπάρχουν δύο ουσιαστικοί λόγοι για τη διαφορά του μεγέθους των: α) Ένας μεγάλος χάρτινος κώνος δεν μπορεί να παρακολουθήσει τη γρήγορη κίνηση ενός ήχου υψηλής συχνότητας· έτσι τον χωρίζει σε δύο ήχους διαφορετικών συχνοτήτων. Πρέπει λοιπόν να χρησιμοποιείται μικρότερος κώνος για την περιοχή υψηλών συχνοτήτων. β) Το μεγάφωνο πρέπει να σκορπίζει τον ήχο σ' ολόκληρο το δωμάτιο, γεμίζοντάς τον μ' αυτόν. Η γωνία όμως περίθλασης του ήχου εξαρτάται από το μέγεθος του μεγάφωνου σε σχέση με το μήκος κύματος του ήχου. Ήχοι επομένως, μικρού μήκους κύματος (ή μεγάλης συχνότητας) πρέπει να εκπέμπονται από μικρούς κώνους, διότι διαφορετικά η γωνία περίθλασης θα είναι μικρή και ο ήχος αντί να διαχέεται σ' όλο το δωμάτιο θα διαδίδεται με στενή σχετικά δέσμη μέσα σ' αυτό.

1.63 Κανονικά περιθλάται και διαχέεται σχεδόν ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις ο ήχος που βγαίνει κατευθείαν από το στόμα. Μια «ντουντούκα», όμως με μεγάλο στόμιο διαχέει πολύ λιγότερο τον ήχο, επειδή το άνοιγμά της είναι πολύ μεγαλύτερο από το μήκος κύματος των ήχων της φωνής.
Ο ήχος της συνεπώς κατά τη διεύθυνση του άξονά της εμφανίζεται ισχυρότερος, πράγμα που δε συμβαίνει χωρίς αυτήν.

1.64 Το αυτί θα αναπαράγει τις μικρές συχνότητες, ακόμη και αν αυτές δεν εκπέμπονται από το μεγάφωνο. Έτσι, αν δύο ήχοι διαφορετικών συχνοτήτων προσπέσουν στο αυτί, αυτό, λόγω της μη γραμμικής απόκρισής του, παράγει ταλαντώσεις που έχουν συχνότητες ίσες με το άθροισμα ή τη διαφορά συχνοτήτων των δύο ήχων, ή με το άθροισμα ή τη διαφορά κάποιου ακέραιου πολλαπλάσιου εκείνων των συχνοτήτων. Η ταλάντωση πάντως που κυριαρχεί, είναι αυτή της οποίας η συχνότητα ισούται με τη διαφορά συχνοτήτων των δυο ήχων, και η οποία ασφαλώς αποτελεί για τον ακροατή το βαρύ ήχο.

1.65 Η συχνότητα που ακούει ο παρατηρητής, εξαρτάται από την ταχύτητα κίνησης του παρατηρητή και της πηγής του ήχου. Η διαφορά μάλιστα μεταξύ της συχνότητας που εκπέμπει η πηγή, και αυτής που «συλλαμβάνει» ο παρατηρητής, ονομάζεται μετατόπιση συχνότητας Doppler. Έτσι, όταν ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο πλησιάζει κάποιον ακίνητο παρατηρητή, ακούει αυτός — λόγω μετατόπισης Doppler — οξύτερο το μουγκρητό της μηχανής. Αντίθετα, όταν τον προσπεράσει και όσο απομακρύνεται, ακούει το μουγκρητό βαρύτερο.

1.66 Το πώς ακριβώς καταφέρνει μια νυχτερίδα να παίρνει πληροφορίες για το περιβάλλον της με τα κύματα που εκπέμπει, δεν έχει ακόμα κατανοηθεί και ερευνάται. Μερικές όμως νυχτερίδες εκπέμπουν ένα μικρό κύμα σταθερής συχνότητας (CF), η συχνότητα του οποίου, αφού αυτό ανακλαστεί και επιστρέψει, «πληροφορεί» τη νυχτερίδα για την ταχύτητα κίνησης του εμποδίου (βλέπε και μετατόπιση συχνότητας κατά Doppler της ερ. 1.65). Άλλες νυχτερίδες εκπέμπουν ένα διαμορφωμένο κατά συχνότητα κύμα (FM), το οποίο, αφού ανακλαστεί και επιστρέψει, «πληροφορεί» τη νυχτερίδα για το σχήμα, το μέγεθος, το υλικό της επιφάνειας και την απόσταση του εμποδίου.
Στο κύμα FM όμως αντιστοιχεί μια ολόκληρη σειρά συχνοτήτων, με αποτέλεσμα το φαινόμενο της μετατόπισης συχνότητας Doppler να είναι αδύνατο να «πληροφορήσει» τη νυχτερίδα για την ταχύτητα του εμποδίου.
Έτσι μερικές νυχτερίδες εκπέμπουν ένα συνδυασμό FM - CF κυμάτων, για να μπορούν να παίρνουν όλες τις σχετικές πληροφορίες για το εμπόδιο.

1.67 Το πλάτος των διακυμάνσεων είναι πολύ μικρό (δηλ. οι μεταβολές της πίεσης στο τύμπανο του αυτιού δεν είναι αρκετά μεγάλες), ώστε να ακούγονται. Ακόμη και αν η κίνηση Brown ήταν περισσότερο έντονη, δε θα μπορούσαμε να την «ακούσουμε», για το λόγο ότι ο εγκέφαλός μας αγνοεί κάθε συνεχή και σταθερό θόρυβο.

1.68 Ας υποθέσουμε ότι συζητάτε με κάποιον σε μια πολυσύ-

χναστη αίθουσα. Η φωνή του συνομιλητή σας ακούγεται με δυο τρόπους απ' ευθείας και με διάχυση (η φωνή δηλ. θα έχει ανακλάσεις σε διάφορες επιφάνειες της αίθουσας). Αν γίνονται και άλλες συζητήσεις μέσα στην αίθουσα, θα υπάρχει ένας γενικά διάχυτος θόρυβος (θόρυβος βάθους), που φαντάζομαι ότι σας είναι αρκετά γνώριμος. Η ένταση αυτού του θορύβου βάθους εξαρτάται από το μέγεθος της αίθουσας, την ακουστική απορρόφηση των τοίχων και των άλλων αντικειμένων του δωματίου, από κάποια χαρακτηριστική μέση ελεύθερη διαδρομή του ήχου μεταξύ των τοίχων και το πλήθος των άλλων συζητήσεων. Υπάρχει, επομένως, πάντα ένας κρίσιμος αριθμός άλλων συζητήσεων μέσα στην αίθουσα, ώστε το επίπεδο του διάχυτου θορύβου μόλις να ξεπερνά σε ένταση τη φωνή του συνομιλητή σας που φτάνει κατευθείαν σε σας. Έτσι, κάθε επιπρόσθετη ομιλία μέσα στην αίθουσα θα αναγκάσει τον συνομιλητή σας να ανυψώσει τη φωνή του, γεγονός, όμως, που θα αναγκάσει και όλους τους υπόλοιπους να κάνουν το ίδιο, με αποτέλεσμα η αίθουσα να γεμίσει από θορύβους.

1.69 Η ζωντανή συζήτηση σε μια θορυβώδη δεξίωση σας παρέχει μια τουλάχιστον επιπλέον πληροφορία, που δεν μπορεί να σας προσφέρει η μαγνητοταινία· την κατεύθυνση της φωνής, χάρη στην οποία μπορείτε να «ξεχωρίσετε» τα λόγια κάποιου μέσα σε ένα χώρο, όπου το επίπεδο του διάχυτου θορύβου (θόρυβος βάθους) είναι υψηλό, επειδή μπορείτε — λόγω της δίωτης ακοής σας — να αντιληφθείτε την κατεύθυνση από την οποία έρχεται σε σας η φωνή του. (βλ. και ερ. 1.71)

1.70 Το μεγαλύτερο τμήμα του ήχου που ακούτε, όταν μιλάτε, και κυρίως οι χαμηλές συχνότητες, προέρχεται από την αγωγή του ήχου μέσα από τα οστά του κρανίου σας. Οι άλλοι ακούν τη φωνή σας απαλλαγμένη από τις χαμηλές συχνότητες οι οποίες και είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία «όγκου» στη φωνή σας, όταν την ακούτε εσείς. Έτσι μια μαγνητοταινία ποιότητας μπορεί να εγγράψει και στη συνέχεια να αναπαραγάγει τη φωνή σας, όπως ακριβώς την ακούν οι άλλοι και όχι εσείς.

1.71 Μπορείτε να εντοπίσετε τη διεύθυνση, από την οποία φτάνει ένας ήχος σε σας, συνεπώς και τη γωνιακή θέση της πηγής του, με τρεις τρόπους: συγκρίνοντας την ένταση, τη φάση και το χρόνο άφιξης του ήχου στ' αυτιά σας. Οι διαφορές όμως έντασης του ήχου, είναι χρήσιμες μόνο για ήχους μικρών μηκών κύματος, γιατί οι ήχοι μεγάλου μήκους κύματος περιθλώνται γύρω απ' το κεφάλι σας και φτάνουν πρακτικά με την ίδια ένταση στα αυτιά σας. Αντίθετα οι ήχοι μεγάλων μηκών κύματος παρουσιάζουν διαφορά φάσης, καθώς φτάνουν στ' αυτιά σας, η οποία εξαρτάται από τη γωνία του προσώπου σας σε σχέση με την ηχητική πηγή. Στα ενδιάμεσα μήκη κύματος, γύρω στα 4000 Hz, κανένας τρόπος δε λειτουργεί άψογα, με αποτέλεσμα ο εντοπισμός της διεύθυνσης της διάδοσης των ήχων αυτών να είναι περισσότερο δύσκολος.

1.72 Επειδή οι V - 2 ταξίδευαν με ταχύτητα μεγαλύτερη του ήχου. Έτσι ο ήχος της έκρηξής τους μπορούσε να φτάσει σε έναν παρατηρητή πριν από το σφύριγμά τους στον αέρα.

1.73 Όταν ένα αεροπλάνο, υπερβαίνει την ταχύτητα που έχει ο ήχος στο ύψος που πετά, ο αέρας που συμπιέζεται, σχηματίζει κρουστικό κύμα. Πίσω δηλαδή από το αεροπλάνο σχηματίζεται ένας κώνος, η εξωτερική επιφάνεια του οποίου αποτελεί κρουστικό κύμα. Όταν ο κώνος «σαρώνει» το έδαφος, ο παρατηρητής διαπιστώνει απότομη αύξηση της πίεσης του αέρα, στη συνέχεια απότομη μείωσή της και πάλι απότομη αύξησή της, έως ότου αποκατασταθεί στα κανονικά όρια η πίεση. Το δεύτερο κρουστικό κύμα δημιουργείται από την ουρά του αεροπλάνου. Μερικές φορές είναι αδύνατο να διακριθούν μεταξύ τους οι μεταβολές πίεσης λόγω των δύο κρουστικών κυμάτων, ενώ άλλες φορές ακούγονται σαν δύο «ευδιάκριτα» βουητά.
Ένα κρουστικό κύμα, τέλος, μπορεί να μη φτάσει ποτέ στο έδαφος, εάν διαθλάται έντονα εφόσον κατά τη διάδοσή του προς το έδαφος συναντά προοδευτικά θερμότερα στρώματα αέρα. (Ανάλογη διάθλαση του ήχου αναφέρεται στις ερ. 1.28 και 1.29).

1.74 Οι προσπάθειες έρευνας των χαρακτηριστικών και του τρόπου παραγωγής των αστραπών και κεραυνών συνεχίζονται και σήμερα. Η τεράστια θερμότητα που αναπτύσσεται στη στήλη εκκένωσης μιας αστραπής ή ενός κεραυνού εκτονώνει απότομα τον αέρα, δημιουργώντας ένα κυλινδρικό κρουστικό κύμα, το οπ-

οίο αποτελεί και τη βασική πηγή ήχου σ' αυτά τα φαινόμενα.

Ένας παρατηρητής, που βρίσκεται κοντά στο σημείο πτώσης του κεραυνού, μπορεί να ακούσει ένα τρίξιμο, το οποίο οφείλεται μάλλον στη στεμματόμορφη εκκένωση (corona· γι' αυτό βλ. ερ. 6.46), και ένα πλατάγισμα, το οποίο οφείλεται πιθανώς σε μια εκκένωση από κάτω προς τα πάνω (βλ. ερ. 6.32). Οι ήχοι που συνοδεύουν τον κεραυνό (μπουμπουνητά και βουητά), δεν είναι παρά η ηχώ των αρχικών ήχων, που ανακλώνται στον περιβάλλοντα χώρο.

1.75 Η εξασθένιση του ήχου από την ατμόσφαιρα (που οφείλεται στο ιξώδες και τη θερμική της αγωγιμότητα) είναι πολύ σημαντική για εκείνους τους ήχους που παράγονται σε ύψος 80km και πάνω, με αποτελέσματα να μη φτάνουν στο έδαφος. Εάν ο ήχος οφείλεται σε συγκρούσεις παγοκρυστάλλων, που σχηματίζονται από την ανάσα μας, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πρέπει να είναι χαμηλότερη των -40^{o} C τουλάχιστον.

1.76 Τα κρουστικά κύματα που προκάλεσε το πυροβολικό, δημιούργησαν τις ορατές ζώνες. Ο λόγος είναι ότι ο συντελεστής διάθλασης του αέρα μεταβαλλόταν κατά τη δίοδο των κρουστικών κυμάτων απ' αυτόν ή ότι υπήρξε στιγμιαία αυξημένη συμπύκνωση κάποιου σχηματισμού σύννεφων ή ομίχλης μέσα από τον οποίο πέρασαν τα κρουστικά κύματα. (όμοια και στην ερ. 3.27).

1.77 Το πλατάγισμα του μαστίγιου μπορεί να οφείλεται είτε στα αλληλοχτυπήματα του πετσιού είτε στο κρουστικό κύμα που σχηματίζει το πετσί, όταν υπερβαίνει την ταχύτητα του ήχου.

2

2.1 Για ν' απλοποιήσουμε το πρόβλημα, ας υποθέσουμε ότι φοράτε ένα καπέλο για τη βροχή και δε σας νοιάζει για τη βροχή που πέφτει κατακόρυφα στο κεφάλι σας. Έτσι, αν η βροχή πέφτει λοξά και σας χτυπά στο πρόσωπο, θα πρέπει να τρέξετε όσο γρηγορότερα μπορείτε, για να βρείτε κάποιο καταφύγιο. Αν όμως η βροχή σας χτυπά στην πλάτη, τότε πρέπει να τρέχετε με τόση ταχύτητα, όση είναι η οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας της βροχής, ώστε να μετατοπίζεστε οριζόντια μαζί της.

2.2 Η πείρα, παίζει ασφαλώς βασικότατο ρόλο στην ικανότητα του παίχτη να μαντεύει την παραβολική τροχιά της μπάλας. Οι μελέτες που 'χουν γίνει στο θέμα, υιοθετούν την άποψη ότι η γωνία που σχηματίζει η ταχύτητα της μπάλας με τον οριζόντιο άξονα κατά τη μετατόπισή της, έχει μεγάλη σημασία γι'αυτό. Τρέχοντας με το ρυθμό που μεταβάλλεται η γωνία αυτή, ο παίχτης θα φτάσει στην κατάλληλη θέση, την κατάλληλη στιγμή. Ο παίκτης ακολουθεί αυτή τη μέθοδο με τόσο φυσικό τρόπο, ώστε είναι πιθανό να μην έχει καν συνείδηση του φαινομένου της μεταβολής αυτής της γωνίας.

2.3 Όταν φτάνετε σ'ένα σταυροδρόμι, τη στιγμή που ανάβει το κίτρινο φανάρι, μπορείτε να σταματήσετε, αναπτύσσοντας τη μέγιστη δυνατή επιβράδυνση, να συνεχίσετε αναπτύσσοντας τη μέγιστη δυνατή επιτάχυνση ή τέλος να συνεχίσετε με την ίδια ταχύτητα. Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε τις παρακάτω παραμέτρους: το αυτοκίνητό σας κινείται με ταχύτητα 36Km/h, τη στιγμή που ανάβει το κίτρινο· το πλάτος της διασταύρωσης είναι 10m, η διάρκεια του κίτρινου 2sec και η μέγιστη δυνατή επιτάχυνση ή επιβράδυνση $+5m/sec^2$ και $-5m/sec^2$ αντίστοιχα. Υποθέτοντας ιδανικές συνθήκες (όπως π.χ. ότι το αυτοκίνητό σας ανταποκρίνεται αυτόματα στο «πάτημα του γκαζιού») μπορούμε να υπολογίσουμε τις αναγκαίες από το σταυροδρόμι αποστάσεις, που χρειάζονται στις παραπάνω τρεις περιπτώσεις. Έτσι για να το διασχίσετε με ασφάλεια πρέπει να απέχετε απ'αυτό το πολύ 20m. Για να μπορέσετε να σταματήσετε πρέπει να απέχετε απ'αυτό τουλάχιστον 10m. Για απόσταση μεταξύ των 10m και 20m έχετε και τις δύο δυνατότητες.

2.4 Εάν ο τοίχος έχει τέτοια διάταξη, ώστε να μη μπορείτε να τον παρακάμψετε και εάν υποθέσουμε ότι τα φρένα και ο δρόμος είναι σε άριστη κατάσταση και ακόμη αν αγνοήσουμε τις πιθανότητες τραυματισμού των επιβατών στις κρούσεις τους με τα τοιχώματα του αυτοκινήτου, τότε οι υπολογισμοί δείχνουν ότι μπορείτε να κινηθείτε κατευθείαν προς τον τοίχο, προσπαθώντας να φρενάρετε όσο γρηγορότερα είναι δυνατό. Στην προσπάθειά σας ν'αποφύγετε τον τοίχο θα χρειαζόταν διπλάσια δύναμη, για να μπορούσατε να στρίψετε το αυτοκίνητο ακολουθώντας κυκλική τροχιά, από όση για να το σταμα-

τήσετε κινούμενος κατευθείαν προς αυτόν.

2.5 Στην κίνηση του μπαστουνιού το «κεφάλι» του αποκτά τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα, όσο μεγαλύτερη ροπή αναπτύσσεται στο μπαστούνι. Για ορισμένη ροπή, όμως, η ταχύτητα του κεφαλιού εξαρτάται από τον τρόπο που εφαρμόζεται η ροπή. Σύμφωνα με κάποια μελέτη, όσο πιο σφιχτά κρατά ο παίχτης τη λαβή, αναπτύσσοντας αρνητική ροπή με τους καρπούς του κατά τη διάρκεια της κίνησης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του «κεφαλιού». Η κατάλληλη αρνητική ροπή και το «κράτημα» που επιβάλλεται στις λαβές, αποτελούν μέρος του «συντονισμού», που επιδιώκουν οι παίχτες του γκολφ.

2.6 Τα φασόλια περιέχουν ένα μικρό έντομο που πηδά προς τα πάνω.

2.7 Ένα άλτης του «επί κοντώ» πρέπει να μεγιστοποιεί την κινητική του ενέργεια, για να ανέβει σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο ύψος. Αντίθετα ένας άλτης του «ύψους» πετυχαίνει το μεγαλύτερο άλμα κυρίως χάρη στο τελευταίο του τίναγμα παρά χάρη στην κινητική ενέργεια που απέκτησε κατά την κίνησή του. Ένας άλτης «του μήκους» ποδηλατεί στον αέρα, για να διορθώσει την αρχική του κλίση προς τα μπρος.

2.8 Η συνέχιση της κίνησης σ'ένα «βαθύ» χτύπημα θα προκαλέσει σχετικά λιγότερη ζημιά, με την έννοια ότι κυρίως σπρώχνει τον αντίπαλο. Στο καράτε, όμως, το χτύπημα συγκεντρώνεται σε λίγα εκατοστόμετρα μέσα στο σώμα του αντίπαλου με συνέπεια η αρχική επαφή να γίνεται όταν η ταχύτητα του χεριού είναι μέγιστη, οπότε και η δύναμη λόγω της κρούσης είναι μέγιστη.

2.9 Αν επιθυμείτε να διαμορφώσετε το σχήμα ενός αντικειμένου, όπως γίνεται όταν σφυρηλατούμε, οι κρούσεις πρέπει να είναι μη ελαστικές. Όσο μικρότερη, μάλιστα, είναι η μάζα του σφυριού, τόσο μεγαλύτερο είναι το κλάσμα της ενέργειάς του, που χάνεται σε κάθε κρούση. Έτσι σε μια τέτοια διαδικασία σφυρηλάτησης πρέπει να χρησιμοποιήσετε ελαφρό σφυρί. Στην περίπτωση που θέλετε να καρφώσετε έναν πάσσαλο, πρέπει να μεταφέρετε όσο το δυνατό μεγαλύτερη κινητική ενέργεια σ'αυτό, αποφεύγοντας τις απώλειες κατά την κρούση. Κατά συνέπεια στην περίπτωση αυτή πρέπει να χρησιμοποιήσετε βαρύ σφυρί.

2.10 Εξωτερική δύναμη είναι η τριβή από το πάτωμα.

2.11 Όταν το έντομο είναι ξαπλωμένο ανάσκελα, μια κλείδωση εμποδίζει το μυ (που είναι υπεύθυνος για το πήδημα) να σηκώσει το μισό μπροστινό μέρος του σώματος, ώστε να επιχειρήσει το άλμα. Η τάση του μυ αυξάνεται συνέχεια, μέχρι τη στιγμή που η κλείδωση ελευθερώνεται και τότε η γρήγορη στροφή του μπροστινού μέρους τους σώματος τινάζει το έντομο στον αέρα. Πριν το έντομο μπορέσει να ξαναπηδήσει, πρέπει να έχει αναπτυχθεί πάλι η τάση στο μυ.

2.12 Κατά τη διάρκεια της πτώσης της άμμου κάθε κλεψύδρα έχει το ίδιο βάρος, παρά το γεγονός ότι κάποιοι κόκκοι άμμου βρίσκονται στον αέρα. Η επιπρόσθετη δύναμη στη μια μεριά της ζυγαριάς οφείλεται στη μεταβολή της ορμής των κόκκων της άμμου κατά την κρούση τους. Προσέξτε την ένδειξη της ζυγαριάς, όταν η άμμος έχει αρχίσει να πέφτει σε σύγκριση με τη στιγμή που και ο τελευταίος κόκκος έχει πέσει.

2.13 Κάθε ακροφύσιο έχει διαφορετικό εμβαδόν διατομής. Όταν το ίδιο βάρος του κυλίνδρου κατανέμεται στα διαφορετικά εμβαδά, προκαλεί διαφορετικές πιέσεις. Για παράδειγμα, όσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδόν του ακροφύσιου, τόσο μικρότερη είναι η δύναμη που ασκείται στη μονάδα επιφάνειας, επομένως τόσο μικρότερη είναι η πίεση, που χρειάζεται, για να ανασηκώσει τον κύλινδρο. Το γεγονός αυτό καθορίζει και την πίεση στη χύτρα.

2.14 Η μεγάλη μπάλα μετά την αναπήδηση στο έδαφος συγκρούεται με τη μικρή, μεταδίδοντας σ'αυτήν την ορμή και την κινητική της ενέργεια. Έτσι η μικρή μπάλα αποκτά την ικανότητα να ανέβει σε μεγαλύτερο ύψος από αυτό, από το οποίο ξεκίνησε. Η μεγαλύτερη ταχύτητα που μπορεί να αποκτήσει η μικρή μπάλα στη σύγκρουσή της με τη μεγάλη, είναι τριπλάσια της ταχύτητας με την οποία έφτανε στο έδαφος. Έτσι το μεγαλύτερο ύψος, στο οποίο μπορεί να ξανανέβει, είναι εννέα φορές μεγαλύτερο του αρχικού της ύψους. Όσο, βέβαια, η μάζα της μικρής σφαίρας πλησιάζει τη μάζα της μεγάλης, τόσο λιγότερο είναι το ύψος, στο οποίο θ'ανεβαίνει.

2.15 Ο συντελεστής της τριβής

ολίσθησης είναι μικρότερος από το συντελεστή στατικής τριβής. Αναπτύσσεται επομένως μεγαλύτερη τριβή για το σταμάτημα του αυτοκινήτου, αν τα λάστιχα κυλούν αργά πάνω στο δρόμο παρά αν γλιστρούν πάνω σ'αυτόν. Έτσι σε στεγνή και λεία άσφαλτο ο συντελεστής στατικής τριβής, όταν κυλά ο τροχός, μπορεί να φτάσει την τιμή 0,8, ενώ της ολίσθησης την τιμή 0,6 ή και λιγότερο. Αν το αυτοκίνητο αρχίζει να ντεραπάρει, τότε η άσφαλτος και τα λάστιχα λιώνουν και το αυτοκίνητο γλιστρά πάνω σ'ένα λεπτό υγρό υμένιο. Αν λοιπόν, όλοι οι άλλοι παράγοντες είναι ίδιοι, το σταμάτημα με την ολίσθηση χρειάζεται περίπου 20% μεγαλύτερη απόσταση απ' ό,τι το σταμάτημα με την κύλιση. Συμπερασματικά, θα έχετε το αποτελεσματικότερο σταμάτημα, αν φρενάρετε κάπως λιγότερο απ' ό,τι είναι απαραίτητο, για να «μπλοκάρετε» εντελώς τους τροχούς.

2.16 Η δύναμη της τριβής δεν εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας των λάστιχων, που βρίσκεται σ' επαφή με το δρόμο· επομένως ένα φαρδύ και λείο λάστιχο είναι το ίδιο αποτελεσματικό όσο ένα λείο και στενό. Τα φαρδιά όμως λάστιχα έχουν ένα πλεονέκτημα, αν συγκριθούν με τα στενά· διαθέτουν μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής με το οδόστρωμα, οπότε θερμαίνονται δυσκολότερα και είναι λιγότερο πιθανό να λιώσουν, δημιουργώντας το λεπτό υγρό υμένιο. (Η τήξη των λάστιχων μειώνει σημαντικά το συντελεστή τριβής· βλ. ερώτηση 2.15).

2.17 Το πρώτο μέρος της κούρσας, δηλαδή το μέρος της εκκίνησης, περιορίζεται από την αύξηση της πρόσφυσης των τροχών στο έδαφος. Η μεγαλύτερη πρόσφυση περιορίζει το χρόνο, που δαπανάται σ' αυτό το μέρος της κούρσας, δεν επιδρά όμως στην τελική ταχύτητα παρά ελάχιστα. Η τελική ταχύτητα εξαρτάται από το όριο της ισχύος του κινητήρα, που αναπτύσσεται στο δεύτερο μέρος της κούρσας.

2.18 Το δάχτυλο που κινείται πρώτο, γλιστρά κατά μήκος του χάρακα με ορισμένο συντελεστή τριβής ολίσθησης. Ο χάρακας δε γλιστρά πάνω στο άλλο δάχτυλο, γιατί ο συντελεστής στατικής τριβής σ'αυτό είναι μεγαλύτερος. Η τριβή όμως σε κάθε δάχτυλο δεν εξαρτάται μόνο από το συντελεστή τριβής αλλά και από το βάρος του χάρακα που αναλογεί σε κάθε δάχτυλο. Καθώς λοιπόν, το πρώτο δάχτυλο θα πλησιάζει προς το κέντρο του χάρακα, θα δέχεται όλο και μεγαλύτερο βάρος. Έτσι η τριβή ολίσθησης πάνω σ'αυτό γίνεται μεγαλύτερη απ'ό,τι η στατική τριβή στο άλλο δάχτυλο. Οπότε το δάχτυλο αυτό σταματά και αρχίζει το δεύτερο να γλιστρά. Η αλλαγή αυτή κίνησης των δαχτύλων θα συμβεί μερικές φορές μέχρις ότου τα δύο δάχτυλα συναντηθούν ακριβώς στο κέντρο του χάρακα.

2.19 Το ξαφνικό φρενάρισμα στη στροφή «πετάει» το αυτοκίνητο προς τα μπρος, μειώνοντας το βάρος που αναλογεί στους πίσω τροχούς, οπότε τότε είναι περισσότερο πιθανό το αυτοκίνητο να γλιστρήσει, φεύγοντας έξω από τη στροφή. Αντίστροφα, η επιτάχυνση «πετάει» το αυτοκίνητο προς τα πίσω, αυξάνοντας την πρόσφυση των πίσω τροχών.

2.20 Το ξεκίνημα πρέπει να γίνεται με μικρή ταχύτητα έτσι ώστε η αριθμητική τιμή της μέγιστης στατικής τριβής να μην ξεπεραστεί και «σπινιάρουν» οι τροχοί. Στο ξεκίνημα επομένως χρειάζεται μικρή ροπή. Ποια ταχύτητα, τώρα, είναι προτιμότερο να «βάζει» ο οδηγός για το ξεκίνημα, εξαρτάται από την επιδεξιότητά του και την ευκολία με την οποία αλλάζουν οι ταχύτητες. Εάν ο οδηγός δεν καταφέρνει πάντα να αποφεύγει το «σπινιάρισμα» με την πρώτη ταχύτητα, μπορεί να μειώσει τη ροπή στο μισό, βάζοντας τη δεύτερη.

2.21 Αν δε σας έχουν δέσει, τότε πετάξτε ένα παπούτσι ή κάποιο άλλο αντικείμενο προς την αντίθετη κατεύθυνση απ' την οποία θέλετε να κινηθείτε. Εάν ο πάγος δεν παρουσιάζει τριβή — ιδανική βέβαια κατάσταση —, η συνολική ορμή του συστήματος πρέπει να παραμένει στο μηδέν, με αποτέλεσμα να κινηθείτε γλιστρώντας στον πάγο με αντίθετη φορά από το αντικείμενο, που εκτοξεύσατε.

2.22 Η στροφορμή των τροχών της μοτοσυκλέτας είναι σημαντική και πολύ μεγαλύτερη απ'αυτήν των τροχών του ποδηλάτου. Για να στρίψετε τη μοτοσυκλέτα πρέπει να τη γύρετε. Η ροπή του βάρους του μπροστινού τροχού, ως προς το σημείο επαφής του με το έδαφος, αναγκάζει τον τροχό σε μια μετάπτωση, με αποτέλεσμα να στρίβει η μοτοσυκλέτα (όμοια μετάπτωση εκτελούν οι σβούρες· βλ. ερώτηση 2.65). Αντίθετα το στρίψιμο ενός ποδηλάτου δεν μπορεί να εξαρτάται μόνο από τη μετάπτωση, διότι η στροφορμή των τροχών του είναι

πολύ μικρότερη. Για να στρίψετε το ποδήλατο πρέπει να το γύρετε και συγχρόνως να στρίψετε το τιμόνι. Έτσι, αν για παράδειγμα θέλετε να στρίψετε αριστερά, πρέπει πρώτα να στρίψετε το τιμόνι προς τ'αριστερά ή προς τα δεξιά;

2.23 Η μπίλια μεταδίδει στην άλλη την κινητική ενέργεια του κέντρου μάζας της (δηλαδή την κινητική της ενέργεια λόγω της μεταφορικής της κίνησης), ενώ διατηρεί την κινητική της ενέργεια λόγω περιστροφικής κίνησης. Έτσι, η μπίλια συνεχίζει να περιστρέφεται αμέσως μετά την κρούση της, επειδή όμως γλιστρά δε μετακινείται πάνω στο τραπέζι, οπότε και αρχίζει να κυλίεται. Αν μάλιστα η στέκα είχε αρχικά χτυπήσει τη μπίλια ψηλά, θ'ακολουθούσε αυτή μετά την κρούση της την άλλη.

2.24 Ας θεωρήσουμε ότι πετάμε μια σούπερ–μπάλα στο πάτωμα με ορισμένη στροφορμή από ιδιοπεριστροφή.* Το κέντρο μάζας της μπάλας εκτός από αυτή τη στροφορμή έχει και δύο συνιστώσες ταχύτητας, μια παράλληλη στο πάτωμα και μια κατακόρυφη. Κατά την κρούση στο πάτωμα η κατακόρυφη συνιστώσα ταχύτητας αντιστρέφει τη φορά της προς τα πάνω, ενώ η στροφορμή και η άλλη συνιστώσα αλλάζουν με πιο σύνθετο τρόπο. Ας αναφερθούμε λοιπόν στο σημείο επαφής της μπάλας με το πάτωμα· το άθροισμα της ταχύτητας του γύρω από το κέντρο μάζας της μπάλας και της παράλληλης στο πάτωμα συνιστώσας ταχύτητας του κέντρου μάζας δίνουν τη συνολική ταχύτητα αυτού του ιδιαίτερου σημείου, που είναι και παράλληλη στο πάτωμα. Η κρούση αντιστρέφει τη φορά της παράλληλης συνολικής ταχύτητας αυτού του σημείου κι έτσι μεταβάλλει ταυτόχρονα τη στροφορμή από ιδιοπεριστροφή και την οριζόντια συνιστώσα ταχύτητας, την παράλληλη προς το πάτωμα. Η διεύθυνση, προς την οποία αναπηδά η μπάλα, μπορεί να βρεθεί υπολογίζοντας τη συνολική ταχύτητα του κέντρου μάζας της μετά την κρούση. Ας υποθέσουμε, για παράδειγμα, ότι την πετάμε στο πάτωμα υπό γωνία 45° και χωρίς στροφορμή από ιδιοπεριστροφή. Μετά την κρούση της θα κινηθεί, σχηματίζοντας γωνία 23,2° ως προς την κατακόρυφη και με στροφορμή τέτοιας φοράς, ώστε το μπροστινό μέρος της μπάλας να περιστρέφεται κινούμενο προς τα κάτω. Οι πολλαπλές κρούσεις με κατάλληλες αρχικές στροφορμές ιδιοπεριστροφής είναι η αιτία των διάφορων «τρυκ», που φαίνονται στις εικόνες.

*ή spin

2.25 και 2.27 Ένα ποδήλατο είναι σταθερό, αν το άκρο του πηρουνιού (δηλαδή το σημείο, στο οποίο τέμνονται η προέκταση του μπροστινού άξονα του τιμονιού με τον οριζόντιο άξονα που περνά από το κέντρο του τροχού) χαμηλώνει, όταν ο τροχός στρίβει προς τη μεριά, που γέρνει το ποδήλατο.
Από τα τρία μοντέλα που φαίνονται στην εικόνα 2.256, το τρίτο είναι ασταθές, ενώ το δεύτερο είναι ιδιαίτερα σταθερό και δεν υπακούει στις αλλαγές διεύθυνσης που επιθυμεί ο ποδηλάτης. Τα γυροσκοπικά φαινόμενα δεν παίζουν ρυθμιστικό ρόλο στην ευστάθεια του αναβάτη, αν και, σπρώχνοντας το ποδήλατο χωρίς αναβάτη, τα γυροσκοπικά φαινόμενα των τροχών θα το βοηθήσουν να σταθεροποιηθεί για λίγο.

2.26 Η ταλάντωση του σημείου επαφής μεταξύ «χούλα-χουπ» και σώματος είναι η αιτία της περιστροφικής κίνησης του στεφανιού γύρω από το σώμα. Η αρχική ταχύτητα του στεφανιού πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα της μόνιμης περιστροφής του.

2.27 Βλέπε την απάντηση της ερώτησης 2.25.

2.28 Είναι προφανές ότι δεν έχουν μελετηθεί ιδιαίτερα οι δυνάμεις ενός περιστρεφόμενου λάσου· μπορείτε επομένως να τις ερευνήσετε εσείς θεωρητικά και πειραματικά. Το μικρό μήκος του σκοινιού από το χέρι μέχρι την κουλούρα τραβά και οριζοντιώνει το λάσο, αναγκάζοντάς το να εκτελεί περιστροφική κίνηση. Όταν ξεκινήσουμε αυτή τη γρήγορη κίνηση, ένα γυροσκοπικό φαινόμενο που οφείλεται στη στροφορμή, εξασφαλίζει τη σταθερότητα.

2.29 Η περιστροφή γύρω από τους ελεύθερους άξονες μέγιστης και ελάχιστης ροπής αδράνειας είναι ευσταθής με μικρές παρεκκλίσεις. Η περιστροφή γύρω από τον ελεύθερο άξονα μέσης ροπής αδράνειας είναι ασταθής, οπότε η παραμικρή διαταραχή οδηγεί το βιβλίο σε μια ανεξέλεγκτη ταλάντωση.

2.30 Η τριβή με το στέλεχος εμποδίζει την ελεύθερη πτώση του δαχτυλιδιού. Μέρος της ευστάθειας του περιστρεφόμενου δα-

χτυλιδιού προκύπτει από την κάθετη δύναμη, που ασκεί το στέλεχος στο δαχτυλίδι, καθώς περιστρέφεται γύρω του. Ο ρυθμός περιστροφής του δαχτυλιδιού αυξάνει, καθώς πέφτει, διότι ένα μέρος της δυναμικής του ενέργειας μετατρέπεται σε στροφική κινητική ενέργεια. Αφού δεν έχει γραφτεί τίποτα γι' αυτό το παιχνίδι, γιατί δεν επιχειρείτε μερικά πειράματα ή δε δημιουργείτε κάποια μοντέλα, για να προβλέψετε την αύξηση της ταχύτητας περιστροφής;

2.31 Όταν ανατρέπεται στο νερό, ο εσκιμώος απλώνει το κουπί και σπρώχνει τον πυθμένα, για να δημιουργήσει ροπή που θα περιστρέψει αυτόν και το καγιάκ προς την επιφάνεια. Για να διατηρήσει σημαντική γωνιακή ταχύτητα, ώστε να επαναφέρει το καγιάκ, προσπαθεί να κρατήσει το σώμα του όσο γίνεται πιο κοντά στον άξονα περιστροφής, ώστε να μειώσει κατά το δυνατό τη ροπή αδράνειας γύρω από τον άξονά του.

2.32 Το αυτοκίνητο μπορεί να αναπτύξει ορισμένη μέγιστη γωνιακή επιτάχυνση στους τροχούς. Όσο μεγαλύτερη είναι, όμως, η διάμετρος των λάστιχων, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που θα καλύπτει η ρόδα σε κάθε της περιστροφή· επομένως τόσο μεγαλύτερη θα είναι η γραμμική επιτάχυνση του αυτοκινήτου. Αν η ισχύς του αυτοκινήτου είναι περιορισμένη, η περαιτέρω αύξηση της διαμέτρου των λάστιχων θα προκαλέσει μείωση στη γωνιακή επιτάχυνση των τροχών, με αποτέλεσμα η γραμμική επιτάχυνση του αυτοκινήτου να μένει σταθερή.

2.33 Η καλύτερη μέθοδος προσδιορίζεται από διάφορους παράγοντες: από την ταχύτητα του ντεραπαρίσματος σε σύγκριση με τη γραμμική ταχύτητα μετατόπισης του κέντρου μάζας του αυτοκινήτου, από το ποιοι τροχοί έχουν πρόσφυση στο έδαφος και από το δίλημμα να αποφευχθεί το ντεραπάρισμα ή η γραμμική μετατόπιση του αυτοκινήτου. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι γλιστρά προς τα δεξιά το πίσω μέρος του αυτοκινήτου σας, ότι η ταχύτητα που κινείται στο δρόμο είναι αμελητέα και ότι οι μπροστινές ρόδες έχουν ακόμη πρόσφυση στο έδαφος. Για να σταματήσετε το ντεραπάρισμα πρέπει να στρίψετε τους μπροστινούς τροχούς στην ίδια κατεύθυνση που γλιστρούν οι πίσω (δηλ. προς τα δεξιά) και να πατήσετε λίγο το «γκάζι». Η ροπή από τα λάστιχα ως προς το κέντρο μάζας του αυτοκινήτου θα μειώσει τη στροφορμή του λόγω ντεραπαρίσματος. Καθώς λοιπόν θα μειώνεται το γλίστριμα, στρίψτε τις μπροστινές ρόδες αριστερά έτσι ώστε να προσανατολίσετε το αυτοκίνητο κατά μήκος του δρόμου, όπως ήταν δηλαδή πριν αρχίσει να ντεραπάρει.

2.34 Ένα λάστιχο πού 'χει ζυγοσταθμιστεί στατικά μ' ένα μόνο αντίβαρο, δεν είναι δυναμικά ζυγοσταθμισμένο, όταν περιστρέφεται. Από την άλλη το λάστιχο μπορεί να είναι δυναμικά ζυγοσταθμισμένο και έτσι να μην τρεμοπαίζει όταν περιστρέφεται· παρ' όλα αυτά θα δονείται, αν έχει χρησιμοποιηθεί ένα μόνο αντίβαρο. Η γνωστή μας ζυγοστάθμιση είναι κάτι ανάμεσα σ' αυτούς τους δύο τρόπους ζυγοστάθμισης. Αν χρησιμοποιηθούν δύο αντίβαρα, τότε θα 'χουν επιτευχθεί και οι δύο τρόποι ζυγοστάθμισης.

2.35 Η ροπή που εφαρμόζετε, καθώς τραβάτε την άκρη του χαρτιού, πρέπει να ξεπερνά τη ροπή, που οφείλεται στην τριβή μεταξύ του πλαστικού άξονα της χαρτοθήκης και του χαρτονένιου κύλινδρου, πάνω στον οποίο έχει τυλιχτεί το ρολό του χαρτιού. Αν η αναγκαία δύναμη είναι πολύ μεγάλη, θα κόβεται το χαρτί, κάθε φορά που θα προσπαθείτε να περιστρέψετε το ρολό. Όσο πιο χοντρό είναι το ρολό, τόσο μικρότερη δύναμη χρειάζεται να ασκήσετε για την αναγκαία ροπή. Παρατηρήστε όμως ότι αυξάνει και η ροπή της τριβής λόγω της μεγαλύτερης μάζας του ρολού.

2.36 Μια πέτρα που «γκελάρει» πάνω στην άμμο, χτυπά συνήθως αυτήν με το πίσω άκρο της, γεγονός που δημιουργεί ροπή, η οποία έχει ως αποτέλεσμα ένα μικρό πήδημα και μια περιστροφή της πέτρας έτσι, που να στρέφει την μπροστινή της άκρη προς τα κάτω για την επόμενη επαφή της με την άμμο. Αφού, λοιπόν χτυπήσει η μπροστινή της άκρη την άμμο, η πέτρα κάνει ένα μεγάλο άλμα. Τα μικρά πηδήματα φαίνεται να μη γίνονται, όταν η πέτρα «γκελάρει» στο νερό. Πάλι, όμως, η πίσω της άκρη χτυπά πρώτη στο νερό αλλά τότε η πέτρα γλυστρά σ' αυτό με κλίση προς τα πίσω, καθώς σχηματίζεται μπροστά της ένα ύψωμα νερού, οπότε και κάνει το μακρύ άλμα. Θα μπορούσατε να βρείτε ή και να τραβήξετε φωτογραφίες μεγάλης ταχύτητας, για να αναλύσετε τις δυνάμεις και τις ροπές περισσότερο προσεχτικά.

2.37 Ο εσωτερικός τροχός δεν είναι άκαμπτα συνδεδεμένος με τον εξωτερικό τροχό. Πράγματι, υπάρχει το διαφορικό μεταξύ τους, το οποίο με μια ομάδα τεσσάρων κωνικών οδοντοτροχών επιτρέπει στον εξωτερικό τροχό να περιστρέφεται γρηγορότερα από τον εσωτερικό.

2.38 Ένα αυτοκίνητο, με τον κινητήρα συναρμολογημένο στο μέσο του, έχει μικρότερη ροπή αδράνειας ως προς το κέντρο του αυτοκινήτου, με συνέπεια να χρειάζεται μικρότερη ροπή για να στρίψει.

2.39 Στην περίπτωση ενός λεπτού σκοινιού ή σύρματος, ο σκοινοβάτης πρέπει να ταλαντώνεται σταθερά, κινούμενος αριστερά-δεξιά. Πρώτα γέρνει προς τη μια μεριά, μεταθέτει το σημείο στήριξης πέρα από το κέντρο μάζας του ξεπερνώντας το, πέφτει προς την άλλη μεριά, μεταθέτει πάλι το σημείο στήριξης κ.ο.κ. Χρησιμοποιώντας το κοντάρι απλώς κάνει ευκολότερη την ισορροπία του· μετακινεί δηλ. το κοντάρι αριστερά ή δεξιά, ώστε να μεταθέτει το κέντρο βάρους του συστήματος, που αποτελεί αυτός και το κοντάρι. Όταν το κέντρο μάζας τους βρίσκεται στην κατακόρυφη, που περνά από το κέντρο στήριξης, ο σκοινοβάτης ισορροπεί.

2.40 Το μπαλάκι του εκκρεμούς θα κινηθεί γύρω από την μπουκάλα και δε θα τη χτυπήσει, εκτός βέβαια αν εκτοξευθεί κατευθείαν πάνω της. Ο λόγος είναι ότι δεν ασκείται ροπή στο μπαλάκι με διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς του, με συνέπεια το διάνυσμα της στροφορμής του, που έχει διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς του, να παραμένει σταθερό. Αυτή η διατήρηση της στροφορμής, με την μπουκάλα ακριβώς κάτω από το σημείο πρόσδεσης του εκκρεμούς, σημαίνει ότι το μπαλάκι θα περιστρέφεται συνεχώς γύρω από την μπουκάλα, εκτός, όπως είπαμε, αν εκτοξευθεί κατευθείαν πάνω της. Μπορείτε όμως να χτυπήσετε την μπουκάλα με «ύπουλο» τρόπο. Στρίψτε το σκοινί του εκκρεμούς, πριν το τινάξετε, έτσι ώστε το μπαλάκι να περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του, καθώς θα κινείται. Τότε ο αέρας ασκεί σ'αυτό μια οριζόντια δύναμη που θα το παρεκκλίνει προς την μπουκάλα. Η δύναμη αυτή δεν είναι ίδια σ'όλη την επιφάνεια της μικρής μπάλας· είναι μεγαλύτερη στη μεριά που περιστρέφεται κατά την ίδια φορά με την κίνηση (το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο Magnus).

2.41 Η ολική στροφορμή της γάτας είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της ελεύθερης πτώσης της, διότι δεν υπάρχουν εξωτερικές ροπές που να ασκούνται σ'αυτήν. Τεντώνοντας ή μαζεύοντας τα πόδια της όμως καταφέρνει το μισό μπροστινό της σώμα να έχει διαφορετική ροπή αδράνειας, ως προς τον άξονα του σώματός της, απ'ό,τι το υπόλοιπο πίσω μισό.
Έτσι, για παράδειγμα, αν η γάτα τεντώσει τα μπροστινά και μαζέψει τα πισινά της πόδια και στη συνέχεια στρίψει το πίσω μέρος του σώματός της, αυτόματα θα στραφεί και το μπροστινό της μέρος με αντίθετη φορά και πιο αργά.
Στη συνέχεια η γάτα, τεντώνοντας τα πισινά και μαζεύοντας τα μπροστινά της πόδια, επαναλαμβάνει την προηγούμενη διαδικασία, καταφέρνοντας να στραφεί κι άλλο κατά την προηγούμενη φορά. Έτσι πετυχαίνει συνολικά μια περιστροφή και καταφέρνει να προσανατολιστεί και να προσγειωθεί στο έδαφος με τα πόδια.

2.42 Η Αυστριακή στροφή περιλαμβάνει περιστροφές όμοιες μ'αυτές της γάτας στην προσπάθειά της να προσανατολιστεί στην πτώση της. Αν δεν εφαρμόζεται συνισταμένη ροπή στο σκιέρ, τότε μια περιστροφή του πάνω μέρους του σώματός του συνοδεύεται από μία αντίθετη περιστροφή του κάτω μέρους του σώματός του έτσι ώστε να παραμένει σταθερή η στροφορμή του. Ο σκιέρ μπορεί να στρίψει ακόμη και με μια μετατόπιση ενός μέρους του βάρους του προς τα μπρος ή προς τα πίσω. Θεωρήστε λοιπόν ότι κινείται διαγώνια σε μια πλαγιά. Μετατοπίζοντας το κέντρο βάρους του προς τα μπρος, η τριβή που αναπτύσσεται στο πίσω μέρος των πεδίλων, θα απέχει περισσότερο (θα έχει μεγαλύτερο μοχλοβραχίονα) από το κέντρο μάζας σε σύγκριση με την τριβή στο μπροστινό μέρος των πεδίλων. Έτσι θα αναπτύσσεται μια συνισταμένη ροπή στα σκι, που θα περιστρέφει και αυτά και τον σκιέρ.

2.43 Όταν το γιο-γιο περιστρέφεται στην άκρη του σκοινιού που ξετυλίγεται, η τριβή ολίσθησης μεταξύ του σκοινιού και του κάτω άκρου του γιο-γιο που βρίσκονται σε επαφή, είναι μικρή. Τραβώντας ξαφνικά το σκοινί προς τα πάνω, αυξάνεται η κάθετη δύναμη στην επιφάνεια επα-

φής τους με άμεση συνέπεια την αύξηση της τριβής, η οποία είναι δυνατό να σταματήσει την ολίσθηση. Η στατική τριβή τώρα είναι μεγαλύτερη από την προηγούμενη τριβή ολίσθησης, με αποτέλεσμα το γιο-γιο αντί να συνεχίσει να γλιστρά, να αρχίσει να τυλίγεται γύρω από το σκοινί, ανεβαίνοντας.

2.44 Δεν έχω δει μελέτες στη Φυσική σχετικές με το τζούντο, οπότε εσείς μπορείτε να πειραματιστείτε, προσπαθώντας να επιλύσετε αυτό και άλλα ακόμη ερωτήματα σχετικά με το σπόρ αυτό. Το να κάνετε ένα «παλαμάκι» με το μπράτσο σας στο έδαφος, τη στιγμή της σύγκρουσής σας μ'αυτό, αυξάνει προφανώς την επιφάνεια επαφής σας, με συνέπεια τη μείωση της δύναμης κατά την πτώση σας, πράγμα ιδιαίτερα επιθυμητό για την προστασία του θώρακα. Επιπρόσθετα μπορείτε μ'αυτό το «παλαμάκι» να δώσετε μια περιστροφή στον κορμό του σώματός σας τη στιγμή της πτώσης σας και να αποφύγετε έτσι τις συνέπειες της κρούσης.

2.45 Η περιστρεφόμενη σφαίρα λειτουργεί, όπως ένα γυροσκόπιο και τείνει να διατηρήσει τη φορά της στροφορμής της από ιδιοπεριστροφή κατά τη διάρκεια της πτήσης της. Κατά το μεγαλύτερο δηλαδή μέρος της παραβολικής κίνησης της σφαίρας ο αέρας φυσά όχι κατά μήκος του άξονά της αλλά υπό γωνία ως προς αυτόν. Η ροπή, επομένως, που αναπτύσσεται, προκαλεί στη σφαίρα μετάπτωση, όμοια μ' αυτήν της σβούρας. Έτσι, η σφαίρα αποκλίνει προς τα αριστερά ή δεξιά.

2.46 Η στοίβα των βιβλίων δεν πέφτει, εφόσον ισχύει ο παρακάτω κανόνας: το κέντρο μάζας όλων των βιβλίων, που βρίσκονται πάνω από οποιοδήποτε βιβλίο της στοίβας, πρέπει να βρίσκεται σε μια κατακόρυφη που να τέμνει το βιβλίο αυτό. Ο κανόνας αυτός πρέπει να ισχύει για οποιοδήποτε βιβλίο ή με άλλα λόγια για το καθένα βιβλίο της στοίβας. Θα μπορούσατε να υπολογίσετε είτε θεωρητικά είτε πειραματικά τη μέγιστη μετατόπιση της στοίβας, συγκεκριμένου αριθμού βιβλίων, από την κατακόρυφη, που περνά από την βάση της. Ή αντίστροφα, θα μπορούσατε να υπολογίσετε το συνολικό αριθμό βιβλίων, που χρειάζονται για μια ορισμένη μετατόπιση της στοίβας. Έτσι υπολογίζετε ότι χρειάζονται πέντε περίπου βιβλία για μετατόπιση της πάνω άκρης της στοίβας από την κάτω ίση με το μήκος ενός βιβλίου. Για μετατόπιση ίση με το μήκος 3 βιβλίων χρειάζεται να στοιβαχτούν 227 βιβλία και για μετατόπιση ίση με το μήκος 10 βιβλίων χρειάζεται μια στοίβα από $1{,}5.10^{44}$ βιβλία.

2.47 Το πάνω μέρος της καμινάδας θα είχε μικρότερη γωνιακή επιτάχυνση απ' ό,τι το κάτω μέρος της, εάν δε συνδεόντουσαν συμπαγώς. Έτσι δημιουργείται παραμόρφωση κατά μήκος της καμινάδας κατά την πτώση της. Η μεγαλύτερη παραμόρφωση, όταν αρχίζει η καμινάδα να πέφτει, είναι περίπου στη μέση του μήκους της και στα σημεία αυτά μάλιστα είναι το πιθανότερο να σπάσει. Εάν σπάσει προς το τέλος της πτώσης της, τότε το πιθανότερο είναι να σπάσει στο ένα τρίτο του ύψους της (η μέτρηση γίνεται από πάνω προς τα κάτω) και οφείλεται σε διατμητικές τάσεις.

2.48 Τα βλήματα αποκλίνουν από την ευθεία σκόπευσης λόγω της δύναμης Coriolis. Αυτή είναι μια δύναμη υποθετική, την ύπαρξη της οποίας αποδέχεται ο κάθε παρατηρητής πάνω στην περιστρεφόμενη γη, για να δικαιολογήσει την τροχιά του βλήματος. Οι σκοπευτές ρυθμίζουν τα όπλα τους, υπολογίζοντας αυτή την αναγκαία απόκλιση, που εξαρτάται όμως από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και μάλιστα έχει αντίθετη φορά στο ένα ημισφαίριο απ' ό,τι στο άλλο. Τα Βρετανικά σκόπευτρα ήταν ρυθμισμένα για το γεωγραφικό πλάτος της Αγγλίας, που βρίσκεται στο Βόρειο ημισφαίριο και οχι για πλάτος 50^{o} στο Νότο.

2.49 Η δύναμη Coriolis προκαλεί μια μικρή απόκλιση στη ροή κάθε ποταμιού: προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο Νότιο ημισφαίριο. Αυτή η απόκλιση υποτίθεται ότι αυξάνει τη διάβρωση στις αντίστοιχες όχθες. (Βλ. ερ. 2.48).

2.50 Η δύναμη που μεγαλώνει τη στροφορμή της, είναι η δύναμη Coriolis. (Βλ. ερ. 2.48).

2.51 Το μπούμεραγκ για δεξιόχειρες τινάζεται σ' ένα κατακόρυφο επίπεδο έτσι ώστε να περιστρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα. Επειδή συμπεριφέρεται όπως η πτέρυγα του αεροπλάνου, δέχεται πλάγια ώθηση, μεγαλύτερη στο πάνω μέρος του απ' ό,τι στο κάτω, για το λόγο ότι το πάνω μέρος του περιστρέφεται κατά την ίδια διεύθυνση με τη γραμμική κίνησή του. Επομένως ασκεί-

ται πάνω του μια ροπή, που έχει την τάση να του δίνει κλίση. Παρόλα αυτά όμως το μπούμεραγκ στρίβει προς τα αριστερά (ή δεξιά αν είναι μπούμεραγκ για αριστερόχειρα) και παραμένει κατακόρυφο. Συνεχίζοντας να στρίβει, όπως πριν, καταφέρνει να εκτελέσει μια πλήρη περιστροφή, επιστρέφοντας στο σημείο από το οποίο ξεκίνησε.

2.52 Μπορείτε να κερδίσετε ύψος, ανασηκώνοντας το κέντρο μάζας σας (δηλαδή σηκώνοντας τα πόδια σας) κάθε φορά που περνάτε από το χαμηλότερο σημείο της τροχιάς. Αυτό προσφέρει ενέργεια στην κούνια, με αποτέλεσμα να αυξάνει το πλάτος ταλάντωσης. Αν αρχίσουμε την προσπάθεια από την ηρεμία, είναι δυσκολότερο να δώσουμε εξηγήσεις. Γέρνοντας προς τα πίσω και «πέφτοντας» απότομα κερδίζετε κινητική ενέργεια και προσφέρετε στροφορμή στην κούνια, αφού εσείς και αυτή λειτουργείτε όπως τα συνεζευγμένα εκκρεμή σε συντονισμό. (Μ'άλλα λόγια όπως το διπλό εκκρεμές). Όταν έχετε τεντώσει τα χέρια σας, σταματάτε το «πέσιμο» και αιωρείστε με την κούνια, όπως ένα φυσικό εκκρεμές, έως ότου πάλι σας δοθεί η δυνατότητα να ξαναπέσετε προς τα πίσω.

2.53 Ο κόσμος φοβάται πως τα περιοδικά χτυπήματα στη γέφυρα μπορεί να συμπέσουν με τη συχνότητα συντονισμού της. Αν και κάθε χτύπημα του ποδιού πολύ λίγη ενέργεια προσφέρει στην ταλάντωση της γέφυρας, εάν υπάρχει συντονισμός μεταξύ γέφυρας και χτυπημάτων, είναι πιθανό η ενέργεια που απορροφάται και αυξάνει, να οδηγήσει σε ταλάντωση τόσο μεγάλου πλάτους ώστε η γέφυρα να σπάσει.

2.54 Η εξήγηση για την αύξηση του πλάτους των ταλαντώσεων δίνεται στην απάντηση της ερ. 2.52.

2.55 Φανταστείτε αρχικά ότι υπάρχει ένα μόνο απλό «σαμάρι» στο δρόμο, το οποίο αναγκάζει το μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου να ταλαντωθεί. Έτσι, όταν από αυτό κατεβαίνει, καθώς ταλαντώνεται, σπρώχνει τα λάστιχα να «χωθούν» στο οδόστρωμα. Αφού, λοιπόν, είναι πολλά τα αυτοκίνητα που αναγκάζονται να κάνουν το ίδιο, στο ίδιο σημείο του δρόμου, θα δημιουργηθεί ένα καινούργιο «σαμάρι».

2.56 Ο κλυδωνισμός του πλοίου παρουσιάζει διαφορά φάσης 90° με τα κύματα που τον δημιουργούν (ισοδύναμα μπορούμε να πούμε ότι μεταξύ τους παρουσιάζουν χρονική καθυστέρηση ίση με 1/4 της περιόδου των κυμάτων). Το νερό της δεξαμενής έχει την ίδια συχνότητα ταλάντωσης μ'αυτήν του πλοίου, καθυστερεί όμως κατά 90° (ή ισοδύναμα 1/4 της περιόδου) απ'αυτό. Η ταλάντωση επομένως του νερού της δεξαμενής παρουσιάζει συνολικά διαφορά φάσης 180° με τα κύματα της θάλασσας κι έτσι αντιτίθεται στον κλυδωνισμό του πλοίου.

2.57 Το εκκρεμές δε θα πέφτει, εφόσον η κατακόρυφη επιτάχυνση, που οφείλεται στην ταλάντωση, είναι μεγαλύτερη από την επιτάχυνση της βαρύτητας. Εάν δεν υπάρχουν τριβές στη διάταξη του εκκρεμούς, θα ταλαντώνεται αυτό πάνω-κάτω τόσο χρόνο, όσο η άκρη του αναγκάζεται σε κατακόρυφη ταλάντωση. Αν υπάρχουν αρκετές τριβές, φυσικό είναι το εκκρεμές να αποκτήσει ευσταθή κατακόρυφη θέση.

2.58 Πρέπει να επιλέξετε τις μάζες και το μήκος έτσι, ώστε η ιδιοσυχνότητα του ελατηρίου να συμπίπτει με τη συχνότητα ταλάντωσης του εκκρεμούς. Έτσι, όταν το σύστημα διεγείρεται σε μια από τις δύο μορφές ταλάντωσης, το σπείραμα του ελατηρίου θα μεταφέρει ενέργεια στην άλλη μορφή ταλάντωσης. Αυτή η μεταφορά ενέργειας αντιστρέφεται, κάθε φορά που όλη η ενέργεια μεταφέρεται από τον έναν τύπο ταλάντωσης στον άλλο.

2.59 Όταν τα δύο εκκρεμή, που συνθέτουν ένα διπλό φυσικό εκκρεμές (και έχουν βέβαια την ίδια ιδιοσυχνότητα), κρεμαστούν, και το ένα έχει μικρότερη μάζα και μήκος από το άλλο, τότε θα ταλαντώνονται συγχρόνως (με την ίδια φάση). Αν αυτά είναι μία καμπάνα και το γλωσσίδι της, τότε σίγουρα η καμπάνα δε θα χτυπήσει ποτέ. Μια λύση, και αυτή χρησιμοποιήθηκε στον Καθεδρικό ναό της Κολωνίας, είναι να μακρύνουμε πολύ το γλωσσίδι.

2.60 Η συχνότητα ταλάντωσης του ελατηρίου, που βρίσκεται μέσα στο ρολόι, είναι κοντά στην ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης του συστήματος ρολογιού-αλυσίδας. Αν λοιπόν το σύστημα ρολόι-αλυσίδα ταλαντώνεται με συχνότητα λίγο μεγαλύτερη της συχνότητας ταλάντωσης του ελατήριου, τότε αυτά ταλαντώνονται «σε αντίθεση φάσης» και το ρολόι «πηγαίνει μπροστά». Το αντίθετο συμβαίνει, όταν το σύστημα ρολόι-αλυσίδα ταλαντώνεται με λίγο μικρό-

τερη συχνότητα από τον τροχό ζυγοστάθμισης.

2.61 Η κύρια συχνότητα είναι αποτέλεσμα ενός ακουστικού στάσιμου κύματος, που δημιουργείται μέσα στη στήλη του νερού που πέφτει, όπως στάσιμο κύμα μπορεί να αναπτυχθεί στο εσωτερικό ηχητικού σωλήνα με τη μία του άκρη κλειστή και την άλλη ανοιχτή. Ο παράγοντας 1/4 προκύπτει από το γεγονός ότι η ταχύτητα του ήχου στο νερό είναι το 1/4 της ταχύτητας του ήχου στον αέρα.

2.62 Στάσιμα κύματα παράγονται στη ρακέτα, όταν το μπαλάκι χτυπά τις περιοχές των κοιλιών ταλάντωσης. Το αποτέλεσμα είναι ανεπιθύμητο, διότι η δόνηση «πονάει» τον παίκτη, απορροφά ενέργεια που θα μπορούσε να δοθεί στο μπαλάκι, και μπορεί να σπάσει τη ρακέτα.

2.63 Τη στιγμή που τινάζεται το βέλος, δέχεται πλευρική ώθηση από τη χορδή και το ξύλο του τόξου. Το αποτέλεσμα είναι να ταλαντώνεται το βέλος και να κινείται «κυματιστά», χωρίς όμως να ξανακουμπήσει το τόξο. Η ταλάντωση αυτή γίνεται πάνω στη γραμμή σκόπευσης, το βέλος δεν αποκλίνει απ'αυτήν και τελικά χτυπά το στόχο.

2.64 Οι οριζόντιες και κατακόρυφες δονήσεις του χαραγμένου ξύλου δεν έχουν ίδια συχνότητα και πλάτος λόγω του διαφορετικού σχήματος κατά τις δύο διευθύνσεις και λόγω της πίεσης του αντίχειρα ή του δείχτη. Η συνισταμένη, λοιπόν, δόνηση του ξύλου είναι ελλειπτική. Έτσι η φορά περιστροφής του ξύλου και της καρφίτσας μπορεί να είναι ίδια με τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού ή αντίθετη, πράγμα που εξαρτάται από την πίεση του δάχτυλου και από την πλευρά του ξύλου που τρίβεται. Η τριβή μεταξύ καρφίτσας και έλικα αναγκάζει τον τελευταίο να κάνει όμοια κίνηση με την πρώτη.

2.65 Δε γνωρίζω γενικούς κανόνες, που να δικαιολογούν τη συμπεριφορά των στρόβων, αν και μερικές εξισώσεις που περιγράφουν την κίνησή τους, υπάρχουν στα περισσότερα βιβλία Μηχανικής. Μια ασύμμετρη σβούρα δεν είναι βέβαια ευσταθής και η συμπεριφορά της είναι ακανόνιστη. Μια σβούρα θα μεταπίπτει (δηλαδή ο άξονας της στροφορμής της από ιδιοπεριστροφή - ή spin - θα περιστρέφεται γύρω από την κατακόρυφη) λόγω της ροπής που αναπτύσσει το βάρος της. Κατά τη μετάπτωσή της εκτελεί και ένα λίκνισμα που λέγεται κλόνηση. Έτσι, αν η σβούρα έχει αρχικά τον άξονα της ιδιοπεριστροφής της κατακόρυφο, θα τον διατηρεί έτσι, όσο χρόνο η ταχύτητα ιδιοπεριστροφής της είναι μεγαλύτερη από μια κρίσιμη τιμή. Όταν λόγω τριβής αυτή μειωθεί στην κρίσιμη τιμή, η σβούρα αρχίζει να «παραπαίει».

2.66 Το περιστρεφόμενο «ντιάμπολο» είναι στην ουσία μια σβούρα ή ένα γυροσκόπιο. Για να το προσανατολίσετε κατάλληλα πρέπει να τραβάτε το σπάγγο προς τη σωστή διεύθυνση. Εάν περιστρέφεται, για παράδειγμα, κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού και κλίνει προς τα μπρος, πώς νομίζετε ότι θα πρέπει να τραβήξετε το σπάγκο; Πρώτα θα πρέπει να χαμηλώσετε μαλακά την αριστερή λαβή, ενώ θα τραβάτε τη δεξιά λαβή ταυτόχρονα προς τα πάνω και προς το μέρος σας. Η ροπή που εφαρμόζεται μ'αυτόν τον τρόπο, αλλάζει τη στροφορμή του «ντιάμπολο», ξαναφέρνοντάς το στην οριζόντια θέση.

2.67 Τα ωμά αυγά δεν είναι ευσταθή, επειδή είναι ασύμμετρα κι έτσι δεν μπορούν να ανασηκωθούν, όπως οι αναστρεφόμενες σβούρες της ερ. 2.69. Αν αγγίξετε για πολύ λίγο το κέλυφος ενός ωμού αυγού που περιστρέφεται, προσπαθώντας να το σταματήσετε, το υγρό περιεχόμενό του θα συνεχίσει να περιστρέφεται, με αποτέλεσμα το κέλυφος, και κατά συνέπεια ολόκληρο το αυγό, να ξαναρχίσει να περιστρέφεται, μόλις αποτραβήξετε το χέρι σας.

2.68 Η κάτω επιφάνεια σ'αυτές τις πέτρες δεν είναι ακριβώς ελλειψοειδής αλλά λίγο λοξοειδής από τη μια της μεριά. Όταν η πέτρα μετατοπίζεται από τη θέση ισορροπίας της, τη στιγμή που τη χτυπάμε απαλά στο άκρο της, η αντίδραση του τραπεζιού δημιουργεί μία ροπή, η οποία αναγκάζει τον «κέλτη» να περιστραφεί. Ένας ορισμένος κέλτης θα περιστρέφεται με καθορισμένη φορά, γεγονός που εξαρτάται από τη μορφή και την περιοχή στην οποία η κάτω του επιφάνεια είναι λοξοειδής.

2.69 Αν η σβούρα περιστραφεί πάνω σε τραχεία επιφάνεια, η τριβή στο σημείο επαφής δημιουργεί μια ροπή, που αναγκάζει τη σβούρα να αναστραφεί.

2.70 Η κατανομή της μάζας της Σελήνης δεν είναι σφαιρικά συμ-

μετρική. Επομένως, το γήινο βαρυτικό πεδίο αναπτύσσει στο φεγγάρι ροπή, που το αναγκάζει σε σύγχρονη περιστροφή γύρω από τον άξονά του. (Σ.τ.Μ: εννοείται σύγχρονη περιστροφή με αυτήν που κάνει γύρω από τη Γή). Λόγω λοιπόν της εξαναγκαστικής σύγχρονης περιστροφής της η Σελήνη δείχνει σε μας την ίδια της πλευρά πάντα.

2.71 Οι τροχιές των δορυφόρων πρέπει να γίνονται σε επίπεδα που περνούν από το κέντρο της Γής, διότι οι βαρυτικές δυνάμεις σ'αυτούς κατευθύνονται προς το κέντρο της Γής (κεντρικές δυνάμεις). Δεν υπάρχει τρόπος να τοποθετήσουμε έναν τεχνητό δορυφόρο πάνω από τη Μόσχα και αυτός να μένει συνέχεια πάνω απ'αυτήν, διότι το επίπεδο της τροχιάς του δε θα περνά από το κέντρο της Γής.

2.72 Απαιτείται λιγότερη ενέργεια για την τροχιά σχήματος 8. Ένα διαστημόπλοιο για να φτάσει στη Σελήνη, πρέπει πρώτα να φτάσει σ'αυτήν την κρίσιμη περιοχή, πέρα από την οποία η ελκτική δύναμη της Σελήνης πάνω του είναι μεγαλύτερη απ'αυτήν της Γής. Για να συμβεί αυτό με τη λιγότερη κατανάλωση ενέργειας, το διαστημόπλοιο πρέπει να παραμένει όσο το δυνατό περισσότερο πλησιέστερα στη γραμμή που συνδέει τα κέντρα της Γης και της Σελήνης.

2.73 Η Σελήνη έλκεται από τον Ήλιο· περιστρέφεται επομένως γύρω απ' αυτόν, όπως ακριβώς περιστρέφεται και η Γη γύρω του. Η έλξη της Γης στη Σελήνη προκαλεί απλά μια διαταραχή στην τροχιά της Σελήνης γύρω από τον Ήλιο.

2.74 Το μολυβένιο έλασμα μπορεί να παρεκκλίνει από την κατακόρυφη λίγα δεύτερα της μοίρας, εξαιτίας της παρουσίας των γειτονικών βουνών ή και της έλλειψης μάζας, όπως για παράδειγμα στις λίμνες.

2.75 Η ατμοσφαιρική τριβή ελαττώνει τη συνολική ενέργεια του δορυφόρου, με τη διαφορά ότι μόνο η μισή από τη μείωση της δυναμικής ενέργειάς του μετατρέπεται σε θερμότητα. Η άλλη μισή μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια, με αποτέλεσμα ο δορυφόρος να αναπτύσσει μεγαλύτερη ταχύτητα, σε πείσμα της αντίστασης του αέρα. Η ακτίνα περιστροφής του δορυφόρου είναι προφανές ότι μειώνεται συνεχώς, έως ότου τελικά αναφλεγεί.

3

3.1 Αν υποθέσουμε ότι ο αέρας είναι εγκλωβισμένος στο σουτιέν, ο όγκος του θα είναι αντιστρόφως ανάλογος της πίεσης, που υπάρχει στο αεροπλάνο. Επειδή αυτή είναι μικρότερη από την πίεση που επικρατεί στο έδαφος, ο στηθόδεσμος θα είναι περισσότερο φουσκωμένος στο αεροπλάνο, απ' ό,τι στο έδαφος. Εάν ο θάλαμος του αεροπλάνου άνοιγε ξαφνικά και αποκαθίστατο η ατμοσφαιρική πίεση σ' αυτόν, η γρήγορη μείωση της πίεσης θα είχε, πιθανότατα, ως συνέπεια την έκρηξη του στηθόδεσμου.

3.2 Αν και θα έχει ίδια θερμοκρασία ο φούρνος, θα εξατμίζεται περισσότερο νερό από το κέϊκ, αν βρισκόσαστε σε μεγαλύτερο υψόμετρο απ' ό,τι σε χαμηλότερο, λόγω της μείωσης της ατμοσφαιρικής πίεσης σε συνάρτηση με το ύψος. Η συνταγή σας επομένως θα απαιτήσει περισσότερο νερό. Εξαιτίας της μειωμένης ατμοσφαιρικής πίεσης το αέριο που υπάρχει στο κέϊκ, θα προκαλέσει περισσότερο φούσκωμα, με αποτέλεσμα να αυξηθεί ο όγκος του γλυκού και να ξεχειλίσει από τη φόρμα. Για να αποφύγετε κάτι τέτοιο, πρέπει να ρίξετε λιγότερη ζάχαρη, ώστε να μειωθεί η παραγωγή αερίου στο εσωτερικό του γλυκού. Αντί να μειώσετε την ποσότητα της ζάχαρης, και να αλλάξετε έτσι τη γεύση του γλυκού, μπορείτε να αυξήσετε την ποσότητα του αλευριού και να επιτύχετε το ίδιο αποτέλεσμα. Το κέϊκ, ακόμη, δε θα «ροδίζει» σε μεγάλα υψόμετρα λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας βρασμού του νερού (βλ. ερ. 3.62).

Για να «πάρει χρώμα», λοιπόν, δε μένει παρά να αυξήσετε τη θερμοκρασία του φούρνου. Κανένας απ' αυτούς τους παράγοντες δε θα εμποδίσει το κέϊκ να παραμείνει αφράτο, διότι το περισσότερο αλεύρι πρέπει να αυξήσει το όριο θραύσης και επομένως τη σκληρότητα του κέϊκ. Η αύξηση πάλι του όγκου του και η χαμηλότερη εσωτερική θερμοκρασία (η οποία επιβραδύνει τη συσσωμάτωση των πρωτεϊνών θα μειώσει το όριο θραύσης και τελικά θα μείνει περίπου το ίδιο.

3.3 Το ελβετικό βαρόμετρο δε μετρά την ατμοσφαιρική πίεση. Είναι ευαίσθητο στις βαθμιαίες αλλαγές της υγρασίας, οι οποίες, βέβαια, συνοδεύουν τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Τα ανθρωπάκια τα κινεί ένα τμήμα στριμμένης χορδής, που το

μήκος της μεταβάλλεται από την υγρασία.

3.4 Αν και εξαρτάται το επίπεδο του νερού ενός πηγαδιού από τις τοπικές βροχοπτώσεις ή κι από το λιώσιμο του χιονιού, οι αλλαγές της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι δυνατό να ανεβοκατεβάζουν μερικά εκατοστά τη στάθμη του νερού. Έτσι, όταν «πέφτει» η ατμοσφαιρική πίεση κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας, η στάθμη του πηγαδιού ανεβαίνει. Κατά συνέπεια η αυξημένη ροή νερού μέσω του εδάφους συμπαρασύρει αρκετά ιζήματα, που κάνουν το νερό ακατάλληλο για πόση.

3.5 Το μικρότερο μπαλόνι έχει μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας. Έτσι, οι δυνάμεις ελαστικότητας σε κάθε μικρή περιοχή της επιφάνειάς του έχουν — σε σύγκριση μ' ένα μεγαλύτερο μπαλόνι — μεγαλύτερη συνολική συνιστώσα προς το κέντρο. Η μεγαλύτερη δύναμη προς το κέντρο συνεπάγεται μεγαλύτερη πίεση στο εσωτερικό του. Το αποτέλεσμα αυτό εξηγεί επιπρόσθετα γιατί ένα μπαλόνι φουσκώνει δύσκολα αρχικά και ευκολότερα στη συνέχεια, όσο διαστέλλεται το μπαλόνι: οι συνιστώσες των ελαστικών δυνάμεων, που κατευθύνονται προς το κέντρο του, γίνονται προοδευτικά μικρότερες.

3.6 Επειδή είναι μεγαλύτερη η ατμοσφαιρική πίεση στον πυθμένα του τούνελ, παραμένει σε διάλυση στην σαμπάνια μεγαλύτερη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι, όταν ανέβηκαν οι επίσημοι στην επιφάνεια, το αέριο απελευθερώθηκε από το διάλυμα. Έπρεπε λοιπόν να ξανακατέβουν αυτοί στον πυθμένα του τούνελ, για να μειώσουν την απελευθέρωση αερίου σε ανεκτό ρυθμό, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι το ποτό μπορεί να σε «βουλιάξει»!

3.7 Εάν δεν απελευθερώνετε συνεχώς τον αέρα κατά τη διάρκεια της ανάδυσης, είναι πολύ πιθανό να σπάσουν τα πνευμόνια σας λόγω της αύξησης του όγκου του αέρα που περιέχουν αφού μειώνεται συνεχώς η εξωτερική πίεση. Έτσι είναι πολύ πιθανό ότι η ανάδυσή σας θα αποβεί μοιραία, αν υποθέσουμε ότι θα αναδυθείτε χωρίς εκπνοή, αφού προηγουμένως εισπνεύσατε αέρα από ένα θάλαμο, σε βάθος 5 μέτρων. Η μερική πίεση του CO_2 στα πνευμόνια σας δεν αυξάνει γραμμικά με το χρόνο, κατά τη διάρκεια της ανάδυσης, διότι εκπνέετε συνεχώς μέρος απ' αυτό. Το βάθος, στο οποίο η μερική πίεση του CO_2 γίνεται μέγιστη, υπολογίζεται ως εξής: από το μέγιστο βάθος που έχει υπολογισθεί σε μέτρα (όπου εννοείται ότι εισπνεύσατε αέρα από ένα θάλαμο) αφαιρείτε 10 μέτρα και στη συνέχεια διαιρείτε δια 2.

3.8 Τα ρεύματα αέρα οφείλονται κυρίως στις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Στις σπηλιές που έχουν περισσότερες από μια εισόδους, ο αέρας μπορεί να κυκλοφορεί εξαιτίας της διαφορετικής θερμοκρασίας στο εσωτερικό και εξωτερικό της σπηλιάς.

3.9 Ο κορεσμός ή αποκορεσμός των ιστών του σώματος δε γίνεται με την ίδια ταχύτητα. Θεωρήστε για παράδειγμα μια κατάδυση, σχεδόν ακαριαία, που ακολουθείται από 30λεπτη παραμονή στον πυθμένα και από προγραμματισμένη ανάδυση. Εκείνοι οι ιστοί που απορρόφησαν το άζωτο γρήγορα, θα το αποβάλουν γρηγορότερα, καθώς ο δύτης αναδύεται. Το άζωτο σε εκείνους τους ιστούς που το απορρόφησαν αργά, δε θα παρουσιάζει αρχικά τόσο μεγάλη διαφορά πίεσης σε σχέση με το άζωτο του αίματος. Έτσι ο αποκορεσμός των ιστών θα είναι πολύ πιο αργός. Στα αρχικά στάδια λοιπόν η ανάδυση πρέπει να είναι γρήγορη, για αποκορεσμό των «γρήγορων» ιστών και στα τελικά στάδιά της αργή, για αποκορεσμό των «αργών» ιστών.

3.10 Το ζεστό νερό θερμαίνει τη βαλβίδα του διακόπτη, το μέταλλό του διαστέλλεται και σταματά τη ροή του νερού.

3.11 Αρχικά θα σχηματιστεί πάγος στο εσωτερικό τοίχωμα του σωλήνα· βαθμιαία αναπτύσσεται ακτινικά, έως ότου σχηματίσει ένα στερεό βούλωμα, το οποίο και φράζει το σωλήνα. Μέχρι να γίνει κάτι τέτοιο, η επέκταση του πάγου σπρώχνει το νερό ελαφρά προς τα πίσω, στον κύριο αγωγό.

Αμέσως μόλις σχηματιστεί το βούλωμα πάγου, η επιπρόσθετη επέκταση του πάγου — μεταξύ βουλώματος και διακόπτη — αυξάνει σημαντικά την πίεση του νερού, εκτός αν είναι ανοιχτός ο διακόπτης. Εάν, λοιπόν, είναι κλειστός ο διακόπτης, ο σωλήνας θα σπάσει σίγουρα, στα ασθενέστερα σημεία του. Οι σωλήνες ζεστού νερού σπάζουν ευκολότερα, διότι η υψηλότερη αρχικά θερμοκρασία μειώνει την ικανότητα των πυρήνων πήξης να αρχίσουν το σχηματισμό πάγου, χαμηλώνουν επομένως το σημείο

πήξης. Το νερό, λοιπόν, στους σωλήνες ζεστού νερού υφίσταται υστέρηση πήξεως, ψύχεται δηλαδή κάτω από 0^{o} C, μέχρις ότου να αρχίσει γρήγορη και απότομη πήξη του.

Η γρήγορη συνεπώς επέκταση του πάγου και ο σχηματισμός του βουλώματος εγκλωβίζουν περισσότερο νερό μεταξύ αυτού και του διακόπτη (προφανώς κλειστού), με αποτέλεσμα το σπάσιμο του σωλήνα να καθίσταται πιο εύκολο.

3.12 Το στένεμα είναι τόσο μικρό ώστε ο υδράργυρος να περνά απ' αυτό μόνο με πίεση, είτε λόγω θερμικής διαστολής είτε λόγω κεντρομόλου δύναμης, καθώς τινάζετε το θερμόμετρο και διαγράφει ένα τόξο. Όταν κρυώνει η ήδη σχηματισμένη στήλη του υδράργυρου παραμένει πάνω από το στένεμα, διότι οι διαμοριακές δυνάμεις του υδράργυρου δεν είναι τόσο μεγάλες ώστε να την τραβήξουν προς τα κάτω. Αν βυθίσετε το θερμόμετρο σε ζεστό νερό, το γυαλί της «αποθήκης» του υδράργυρου διαστέλλεται νωρίτερα από τον ίδιο τον υδράργυρο.

3.13 Τα μόρια του λάστιχου συνίσταται από αλυσίδες ατόμων οι οποίες, όταν το λάστιχο θερμαίνεται (οπότε και αυτές ταλαντώνονται λόγω θερμικής κίνησης) εξασκούν μεγαλύτερη ελκτική δύναμη στα άκρα τους, με αποτέλεσμα να μειώνεται το μήκος του λάστιχου. Όταν τεντώσετε το λάστιχο (επομένως και τις αλυσίδες ατόμων του) παράγεται έργο, μέρος του οποίου μετατρέπεται σε θερμότητα. Όταν αφήνετε το λάστιχο στη συνέχεια να συσπειρωθεί, μέρος του έργου που παράγουν οι ελαστικές δυνάμεις, μειώνει την εσωτερική ενέργεια του λάστιχου, οπότε κατεβαίνει η θερμοκρασία του.

3.14 Ένα ρολόι θα λειτουργούσε με διάφορους ρυθμούς, ανάλογα με τη θερμοκρασία, αν ο τροχός - εκκρεμές δεν ήταν έτσι κατασκευασμένος, ώστε να αντισταθμίζει τις μεταβολές της. Έτσι, αν υποθέσουμε ότι το ρολόι θερμαίνεται, ο μεταλλικός τροχός του θα διασταλεί και η αύξηση της ροπής αδράνειας θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ταχύτητας περιστροφής του. Το αποτέλεσμα θα είναι να καθυστερεί το ρολόι.

Η διαστολή επομένως πρέπει να αντισταθμίζεται με τέτοιο τρόπο, που να διατηρείται η ταλάντωση σταθερή. Γι' αυτό το λόγο η περιφέρεια του τροχού αποτελείται από δύο ή τρία κομμάτια, που έχουν το ένα άκρο ελεύθερο και το άλλο συνδεδεμένο σε μία ακτίνα του τροχού. Τα κομμάτια αυτά είναι διμεταλλικά ελάσματα. Έτσι, όταν ανέρχεται η θερμοκρασία, το ελεύθερο άκρο τους καμπυλώνεται προς το εσωτερικό του τροχού (διότι τα δύο φύλλα του ελάσματος έχουν διαφορετική διαστολή). Αυτή η καμπύλωση προς τα μέσα αντισταθμίζει τη διαστολή των ακτίνων. Αν και αλλάζει σχήμα ο τροχός εξαιτίας της θέρμανσης, η ροπή αδράνειάς του μένει περίπου σταθερή, με αποτέλεσμα να μένουν σταθερές και οι ταλαντώσεις του.

3.15 Κάτω από ιδανικές συνθήκες ο σωλήνας U βρίσκεται αρχικά σε ισορροπία. Μια εξωτερική διέγερση θα διαταράξει αυτή την κατάσταση ισορροπίας και θα αρχίσουν οι ταλαντώσεις. Υποθέστε, λοιπόν, ότι κάποια διαταραχή μετατοπίζει μια μικρή ποσότητα νερού από τα αριστερά προς τα δεξιά. Τότε το αριστερό κατακόρυφο σκέλος θα περιέχει περισσότερο κρύο νερό σε σύγκριση με το δεξιό. Έτσι το πυκνότερο κρύο νερό στο αριστερό σκέλος θα σπρώχνει το ελαφρότερο ζεστό νερό του δεξιού σκέλους. Τελικά η υψομετρική διαφορά των ελεύθερων επιφανειών στα δυο σκέλη αντισταθμίζει την άνωση που δέχεται η ζεστή ποσότητα νερού, οπότε σταματά και η μετατόπισή της. Η συνεχιζόμενη θέρμανση και ψύξη του σωλήνα επαναφέρει το νερό στην προηγούμενη κατάσταση θερμικής ισορροπίας, οπότε η άνωση ελαττώνεται και το νερό μετακινείται από τα δεξιά προς τα αριστερά εξαιτίας της προηγούμενης υψομετρικής διαφοράς στα δύο σκέλη. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται περιοδικά. Πειραματιστείτε, για να ανακαλύψετε πώς επηρεάζεται η ταλάντωση από το μέγεθος του σωλήνα σχήματος U· θα πρέπει ακόμη το μέγεθος των δοχείων στις κορυφές των δυο σκελών να είναι μεγαλύτερο μιας κρίσιμης τιμής, διαφορετικά δεν ισχύουν όσα προαναφέραμε.

3.16 Όταν συμπιέζετε το αέριο, την ώρα που φουσκώνετε το λάστιχο, εκτελείτε ουσιαστικά μια αδιαβατική συμπίεση (θερμοδυναμική δηλαδή μεταβολή, κατά την οποία το αέριο δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον του), οπότε η εσωτερική ενέργεια του αερίου — άρα και η θερμοκρασία — αυξάνει. Ο θερμός αέρας ζεσταίνει τη βαλβίδα της τρόμπας. Ο συμπιεσμένος αέρας των βενζινάδικων ήταν θερμός, όταν συμπιεζόταν αρχικά (κατά

την αποθήκευσή του)· μετά την αποθήκευση ψύχθηκε, αποκτώντας τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Έτσι δε θερμαίνει τη βαλβίδα της τρόμπας.

3.17 Οι συνήθεις άνεμοι στις Η.Π.Α. φυσούν από τα δυτικά. Καθώς, λοιπόν, υποχρεώνονται οι υγροί άνεμοι από τον Ειρηνικό να κινηθούν προς τα πάνω, για να παρακάμψουν τα ψηλά βουνά (π.χ. τα Βραχώδη όρη) ο αέρας ψύχεται αδιαβατικά, λόγω μείωσης της ατμοσφαιρικής πίεσης. Έτσι δε μπορεί να κατακρατήσει τόσους πολλούς υδρατμούς, όπως πριν.

Οι δυτικές λοιπόν πλαγιές δέχονται την υγρασία, που απελευθερώνεται και είναι πολύ περισσότερη συγκριτικά μ' αυτήν που απελευθώνεται στις ανατολικές πλαγιές.

3.18 Καθώς κατεβαίνουν οι άνεμοι από τα βουνά προς περιοχές μεγαλύτερης ατμοσφαιρικής πίεσης, ο κινούμενος αέρας συμπιέζεται αδιαβατικά (βλ. ερ. 3.16)· επομένως θερμαίνεται. Αν μάλιστα είναι γρήγορη η κάθοδός τους, ένα μικρό μόνο μέρος από τη θερμότητά τους θα ανταλλαγεί με τον τοπικό αέρα, με αποτέλεσμα να είναι θερμότεροι από τον τοπικό αέρα.

Οι άνεμοι ακόμη θα είναι σχετικά ξηροί, όπως εξηγήθηκε στην ερ. 3.17. Πώς επιδρούν οι θερμοί και ξηροί άνεμοι στη φυσιολογία των ανθρώπων, δεν είναι γνωστό· τα θετικά και αρνητικά ιόντα πάντως που υπάρχουν σε τέτοιους άνεμους, είναι πιθανό να προξενούν την παράλογη συμπεριφορά.

3.19 Το αέριο το συμπιεσμένο μέσα στο μπουκάλι, εκτονώνεται γρήγορα και αδιαβατικά, όταν ανοίγει το μπουκάλι. Το αέριο κατά την εκτόνωσή του παράγει έργο (βλ. ερ. 3.16). Η ενέργεια για το έργο αυτό προέρχεται από την εσωτερική ενέργεια του αερίου, με αποτέλεσμα να πέφτει η θερμοκρασία του και να αναγκάζεται μέρος των ατμών που μετακινούνται μαζί μ' αυτό, να συμπυκνώνεται και να μοιάζει με ομίχλη.

3.20 Τα επιστημονικά άρθρα πιθανολογούν ότι το ρεύμα αέρα στο πάνω μέρος του αυτοκινήτου γύρω από τις θέσεις των επιβατών, μειώνει την πίεση του αέρα.

Το γεγονός αυτό συνεπάγεται ότι έχει εκτονωθεί ο αέρας εκεί, με αποτέλεσμα να έχει ψυχθεί ελαφρά. Το φαινόμενο είναι όμοιο με την ψύξη του αέρα κατά τη γρήγορη ροή του πάνω από τα φτερά των αεροπλάνων, γεγονός το οποίο έχει ως αποτέλεσμα μερικές φορές το σχηματισμό ομίχλης πάνω από τα φτερά.

3.21 Οι άνεμοι από τον Ειρηνικό ωκεανό έχουν εναποθέσει την υγρασία τους στις δυτικές πλαγιές των Βραχωδών ορέων, που βρίσκονται μεταξύ του Ειρηνικού και της Κοιλάδας του θανάτου (βλ. ερ. 3.17) και έχουν θερμανθεί αδιαβατικά, αφού κατέβηκαν τις ανατολικές πλαγιές τους (βλ. ερ. 3.18). Οι ζεστοί και ξηροί λοιπόν άνεμοι, εισερχόμενοι στην Κοιλάδα, τη μεταμορφώνουν σε έρημο. Η ανυπαρξία σκιάς και η μεγαλύτερη ανάκλαση εξαιτίας της άμμου — σε σύγκριση με μια κοιλάδα καταπράσινη — αυξάνουν τη θερμοκρασία του αέρα πάνω ακριβώς από το έδαφος.

3.22 Ο αέρας, ανεβαίνοντας σ' ένα βουνό, εκτονώνεται, μια και κινείται προς περιοχές μικρότερης ατμοσφαιρικής πίεσης, όπου και ψύχεται.

3.23 Τα ανερχόμενα ρεύματα θερμού και υγρού αέρα ψύχονται, καθώς εκτονώνονται, αφού κινούνται προς περιοχές χαμηλότερης ατμοσφαιρικής πίεσης. Η χαμηλότερη θερμοκρασία συμπυκνώνει ουσιαστικά μέρος των υδρατμών κι έτσι σχηματίζονται σύννεφα· επιπρόσθετα, θερμαίνεται λίγο ο ανερχόμενος αέρας λόγω απελευθέρωσης της λανθάνουσας θερμότητας κατά τη συμπύκνωση. Τα σύννεφα επομένως δεν έχουν καθόλου συνοχή μεταξύ τους αλλά διαμορφώνονται συνέχεια.

Καθίστε, όποτε βρείτε ευκαιρία και παρατηρήστε πώς σχηματίζονται, αλλάζουν και εξαφανίζονται αυτά.

3.24 Κατά την ατομική έκρηξη θερμαίνεται ο αέρας πολύ γρήγορα. Ανέρχεται επομένως ταχύτατα, συμπαρασύροντας αέρα που βρίσκεται κοντά στο έδαφος, σκόνη, διάφορα υπολείμματα και υγρασία και σχηματίζει τον κορμό του μανιταριού. Καθώς ανέρχεται και ψύχεται λόγω στης εκτόνωσης ο θερμός αέρας καταλήγει να έχει ίδια θερμοκρασία με τον περιβάλλοντα αέρα, οπότε και διαχέεται οριζόντια, για να σχηματίσει την κορυφή του μανιταριού.

3.25 Η αιτία της δημιουργίας οπών στα σύννεφα δεν έχει εξιχνιαστεί πλήρως. Μια από τις διάφορες ερμηνείες του φαινόμενου υποστηρίζει ότι μια φυσική ή τεχνητή συσσώρευση πυρήνων πήξης σε ένα υψισωρείτη (altocumulus*) προκαλεί τη γρήγορη

επέκταση της πήξης. Οι ίνες θυσάνων (cirrus**) που σχηματίζονται, δρουν σαν πυρήνες κρυστάλλωσης, απλώνονται οριζόντια και διευρύνουν την οπή, καθώς πέφτουν οι κρύσταλλοι του πάγου από το κεντρικό μέρος τους.

*Σ.τ.Μ: Είδος νέφους που αναπτύσσεται σε ύψος 2 έως 6Km από το έδαφος· συνίσταται από υδροσταγονίδια και παγοκρυστάλλους και δε δημιουργεί βροχή.
**Σ.τ.Μ: Συνίσταται αποκλειστικά από παγοκρυστάλλους.

3.26 Ο αέρας που αναγκάζεται να «ανέβει» ένα βουνό, εκτονώνεται και ψύχεται με αποτέλεσμα να συμπυκνώνει μέρος της υγρασίας, που συμπαρασύρει. Αν συμβαίνει η συμπύκνωση ακριβώς στην κορυφή του βουνού, σχηματίζεται ένα φακοειδές (lenticularis) νέφος. Αν ο άνεμος είναι δυνατός, η συμπύκνωση θα συμβεί στην υπήνεμη πλευρά του βουνού, στην περιοχή των στροβίλων. Και στις δύο περιπτώσεις μπορεί να μοιάζει ότι είναι σταθερό και μόνιμο αλλά στην πραγματικότητα αυτό δημιουργείται και καταστρέφεται συνεχώς. Ο αέρας που αναγκάζεται να κινηθεί πάνω από την κορυφή ενός βουνού, υπάρχει το ενδεχόμενο να ταλαντώνεται και να δημιουργεί στάσιμα κύματα στην υπήνεμη πλευρά του βουνού, που ονομάζονται ορογραφικά (lee waves), και σε κάθε κοιλία των οποίων — λόγω των ανοδικών κινήσεων του αέρα — να σχηματίζονται σύννεφα. Το μήκος κύματος των ορογραφικών κυμάτων εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου και τη μεταβολή της πυκνότητας του αέρα σε συνάρτηση με το ύψος. Αν η μεταβολή της πυκνότητας του αέρα μετά του ύψους είναι μικρή, η ατμόσφαιρα θεωρείται σχετικά ευσταθής και η συχνότητα των ορογραφικών κυμάτων είναι μικρή. Έτσι, το μήκος κύματός τους (επομένως και η απόσταση μεταξύ των σχηματιζόμενων σύννεφων) θα είναι μεγάλη. Μεγάλη μεταβολή της πυκνότητας του αέρα θα έχει ως συνέπεια γρηγορότερες ταλαντώσεις του κινούμενου αέρα, που συνεπάγεται μικρό μήκος κύματος των ορογραφικών κυμάτων και επομένως μικρές αποστάσεις μεταξύ των σύννεφων.

Όσο μεγαλύτερη είναι τέλος η ταχύτητα του ανέμου, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ των κοιλιών των ορογραφικών κυμάτων. Έτσι, ένας ισχυρότερος άνεμος διασκορπίζει τα σύννεφα.

3.27 Η γρήγορη θέρμανση του αέρα εξαιτίας της έκρηξης δημιουργεί ένα κρουστικό κύμα, του οποίου η περιοχή υψηλής πίεσης προηγείται της περιοχής χαμηλής πίεσης.

Κατά τη διάρκεια της χαμηλής πίεσης ο αέρας εκτονώνεται και ψύχεται και συμπυκνώνεται μέρος των υδρατμών που συμπαρασύρει. Μετά το πέρασμα του κύματος κρούσης, η πίεση του αέρα επανέρχεται στις κανονικές τιμές και το σύννεφο εξαφανίζεται. Έτσι το σύννεφο είναι σχετικά στενό και εξαπλώνεται ακτινικά γύρω από την περιοχή της έκρηξης.

3.28 Το μεγαλύτερο μέρος του ορατού φωτός που προσπίπτει στα σύννεφα από τον ήλιο, διέρχεται μέσα απ' αυτά και στη συνέχεια απορροφάται από τη γη. Καθώς θερμαίνεται το έδαφος η εκπομπή απ' αυτό θερμικής ακτινοβολίας (ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος) αυξάνει.

Καθώς απορροφούν τα σύννεφα την ακτινοβολία αυτήν, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της βάσης και της κορυφής τους γίνεται αρκετά σημαντική με αποτέλεσμα να προκαλούνται δίνες, που καταστρέφουν τα σύννεφα.

3.29 Οι «δαντελωτοί» σχηματισμοί δημιουργούνται, όταν ένα πυκνό στρωματόμορφο σύννεφο αρχικά βρίσκεται πάνω από ένα άλλο ξηρό στρωματόμορφο σύννεφο και στη συνέχεια βυθίζεται μέσα σ' αυτό.

3.30 Η ομίχλη ταξινομείται σε διάφορους τύπους ανάλογα με τον τρόπο που έχει σχηματιστεί. Η ομίχλη ακτινοβολίας, για παράδειγμα, όταν ψύχεται υγρός αέρας λόγω ακτινοβόλησης θερμότητας στο διάστημα και συμπύκνωσης της περίσσειας υδρατμών, καθώς η υγρασία αυξάνει. Η ομίχλη μεταφοράς, πάλι, σχηματίζεται, όταν ρέουν θερμός και υγρός αέρας πάνω από παγωμένο έδαφος ή έκταση νερού. Η υγρασία δεν είναι ανάγκη να φτάσει την τιμή 100%, για να σχηματιστεί ένας τύπος ομίχλης, επειδή υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σήμερα πάρα πολλοί πυρήνες συμπύκνωσης, οι οποίοι έλκουν τους ατμούς και αρχίζουν το σχηματισμό ομίχλης σε υγρασία 60% ή και χαμηλότερα. Κοντά στους ωκεανούς οι πυρήνες αυτοί μπορεί να είναι σωματίδια αλατιού. Κοντά στις πόλεις μπορεί να είναι σωματίδια που απελευθερώνονται από βιομηχανικές καμινάδες. Η καύση του άνθρακα στο

ελεύθερο περιβάλλον του Λονδίνου δημιούργησε πολύ μεγάλο αριθμό τέτοιων πυρήνων συμπύκνωσης. Όταν απαγορεύτηκε αυτό, μειώθηκε σημαντικά η δημιουργία ομίχλης στο Λονδίνο. Μερικές φορές μια θερμοκρασιακή αναστροφή (ένα στρώμα θερμού αέρα υπερκαλύπτει ένα άλλο ψυχρότερο) εγκλωβίζει τη βιομηχανική μολύνση κοντά στο έδαφος. Κατά τη διάρκεια μιας τέτοιας αναστροφής στο Λονδίνο, το Δεκέμβριο του 1952, η μόλυνση μαύρισε εντελώς την ομίχλη που υπήρχε, και μέσα σε λίγες μέρες μείωσε την ορατότητα σε μερικά μόνο εκατοστά. Περίπου 4000 άτομα πέθαναν τότε από την ομίχλη και τον καπνό.

3.31 Όταν χτυπά στο κρύο τζάμι η ζεστή αναπνοή σας, δεν μπορεί να συγκρατήσει τόσο πολλούς υδρατμούς, με αποτέλεσμα να υγροποιούνται, σχηματίζοντας σταγόνες. Οι σταγόνες αρχίζουν να σχηματίζονται σε σημεία του τζαμιού ή του περιβάλλοντα αέρα, όπου υπάρχουν πυρήνες συμπύκνωσης. Ένα φρεσκοψημένο «τοστ» θα «ιδρώσει» κατά τον ίδιο τρόπο, αν το ακουμπήσετε σ' ένα κρύο πιάτο.

3.32 Από κάθε πτέρυγα του αεροπλάνου αναπτύσσεται ένας στρόβιλος έτσι, ώστε στο κέντρο του και πίσω από την άτρακτο η ροή του αέρα να είναι προς τα κάτω· στις άκρες των πτερύγων και πίσω απ' αυτές η ροή να είναι προς τα πάνω. Συμπύκνωση υδρατμών μπορεί να συμβεί είτε αμέσως στις εξόδους της μηχανής είτε στη συνέχεια μέσα στους στροβίλους εξαιτίας της ψύξης τους. Επειδή τα περισσότερα αεροπλάνα έχουν δυο προεξέχουσες πτέρυγες, αρχικά θα υπάρχουν δύο ίχνη. Το καθοδικό ρεύμα στο χώρο μεταξύ των δυο στροβίλων αναγκάζεται να μειώσει την ορμή του εξαιτίας της άνωσης του αέρα. Αυτό σημαίνει ότι μειώνεται ο όγκος του ρεύματος αυτού. Το αποτέλεσμα είναι να πλησιάσουν μεταξύ τους οι δυο στρόβιλοι και τα ίχνη να γίνουν δυσδιάκριτα. Αντίθετα, η ταχύτητα του καθοδικού ρεύματος του αέρα αυξάνει παρά τη μείωση της ορμής του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεγενθύνονται οι ανωμαλίες στα ίχνη: τα τμήματα των ιχνών που κατεβαίνουν πρώτα, θα κατεβαίνουν ακόμη πιο γρήγορα (εξαιτίας της αύξησης της ταχύτητας), δίνοντας έτσι την εντύπωση ότι έχουν «εκραγεί» προς τα κάτω.

Η γρήγορη όμως ανάμιξη των στροβίλων διακόπτει την περαιτέρω κάθοδο. Εάν κοιτάξετε τότε από κάτω τα ίχνη αυτά, θα διαπιστώσετε ότι μοιάζουν με pop - corn, που συνδέονται με δαχτύλιους — στους οποίους μπορείτε ακόμη να διακρίνετε τα δυο ίχνη.

3.33 Το αλάτι δρα προφανώς ως πυρήνας για το σχηματισμό φυσαλίδων.

3.34 Ο αέρας, που έχει θερμανθεί από τη φωτιά, είναι ελαφρότερος από τον ψυχρότερο αέρα του δωματίου· ο δεύτερος επομένως σπρώχνει τον πρώτο μέσα στην καμινάδα. Όταν αρχίσει η κυκλοφορία του αέρα, θα συνεχιστεί, ακόμη και αν η καμινάδα δεν είναι ακριβώς πάνω από τη φωτιά.

Όσο ψηλότερη είναι η καμινάδα, τόσο καλύτερα «τραβά» διότι χωρά περισσότερο θερμό, άρα και ελαφρότερο αέρα. Υποθέστε ότι υπάρχει μια μάζα αέρα στην είσοδο της καμινάδας ακριβώς πάνω από τη φωτιά. Αυτή δέχεται μια δύναμη προς τα πάνω από τον κρύο αέρα του δωματίου αλλά και μια δύναμη προς τα κάτω από τον υπερκείμενο θερμό αέρα. Φυσικά η δεύτερη δύναμη θα είναι πολύ μικρότερη της πρώτης. Όσο περισσότερος υπερκείμενος θερμός αέρας υπάρχει — όσο ψηλότερη δηλαδή είναι η καμινάδα — τόσο ευκολότερο είναι για τον κρύο αέρα του δωματίου να σπρώξει κάθε μάζα αέρα από την είσοδο της καμινάδας προς την κορυφή της. Μερικές καμινάδες «βήχουν», εάν δεν τραβούν καλά και αν ο εξωτερικός κρύος αέρας μπαίνει περιοδικά μέσα στην κορυφή της καμινάδας.

3.35 Ο ζεστός καπνός και τα αέρια είναι πιθανότερο να ανεβαίνουν προς τα πάνω τα κρύα βράδια και όχι τη μέρα, που η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη.

3.36 Τα θερμά αέρια αρχικά έχουν στρωτή ροή εξαιτίας της σχετικής αργής ανόδου τους. Κατά τη διάρκεια της ανόδου τους όμως η συνολική δύναμη με φορά προς τα πάνω, που ασκείται σ' αυτά (προέρχεται από την άνωση που ασκεί στα θερμά αέρια ο ψυχρότερος περιβάλλων αέρας) τους προσδίδει επιτάχυνση, με αποτέλεσμα η ροή τους να αρχίσει να μετατρέπεται σε τυρβώδη. Μια τυπική διαδρομή, για να συμβεί κάτι τέτοιο, είναι τα 2 περίπου εκατοστά.

3.37 Τα γενικά χαρακτηριστικά του καπνού της καμινάδας εξαρτώνται κατά μεγάλο βαθμό από τη μεταβολή στη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας σε συνάρτηση με το ύψος, στο χώρο γύρω από

την έξοδο της καμινάδας. Αν η θερμοκρασία αυξάνει γρήγορα σε συνάρτηση με το ύψος από το έδαφος (κατάσταση που ονομάζεται θερμοκρασιακή αναστροφή) τα θερμά αέρια που εκπέμπονται από την καμινάδα δεν είναι δυνατό να ανέλθουν και κινούνται οριζόντια, όπως φυσά ο άνεμος σχηματίζοντας το ρεύμα της εικ. 3.37α1. Αν η θέρμοκρασία μειώνεται από το έδαφος μέχρι την άκρη της καμινάδας και αυξάνει στη συνέχεια σε μεγαλύτερα ύψη, τα αέρια δεν μπορούν να ανέλθουν αλλά «ανακατεύονται» προς τα κάτω, όπως στην εικ. 3.37α2. Αν η θερμοκρασία μειώνεται ελαφρά σε συνάρτηση με το ύψος από το έδαφος, ο καπνός θα έχει σχήμα όμοιο με αυτό της εικ. 3.37α3. Αν, όμως, μειώνεται έντονα σε συνάρτηση με το ύψος, ο καπνός έχει την τάση να ανέλθει αλλά μπορεί και να κατέλθει λόγω των θερμικών δινών, σχηματίζοντας ένα δαχτύλιο (εικ. 3.37α4). Ο καπνός μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη, αν το αεράκι είναι ελαφρό και δεν καταστρέψει τους δυο στροβίλους που δημιουργούνται καθώς εγκαταλείπουν τα θερμά αέρια την κορυφή της καμινάδας. Το αέριο που εξέρχεται από το κέντρο του στόμιου της καμινάδας, έχει ροή έντονα ανοδική, ενώ το αέριο που βρίσκεται γύρω από το στόμιο της καμινάδας, έχει καθοδική ροή. Αν το αεράκι είναι ελαφρό η ροή αυτή χωρίζεται στα δύο, όπως στην εικ. 3.37β.

3.38 Οι κρύσταλλοι του πάγου αναπτύσσονται κατά προτίμηση σ' ένα επίπεδο, που ονομάζεται βασικό επίπεδο, και πολύ λιγότερο κατά μήκος ενός άξονα, που ονομάζεται άξονας c και είναι κάθετος στο βασικό επίπεδο. Ο προσανατολισμός των παγοκρυστάλλων που καλύπτουν την επιφάνεια της λίμνης, αλλάζει από περιοχή σε περιοχή, με αποτέλεσμα να ποικίλλει ο ρυθμός τήξης τους σε κάθε μια απ' αυτές. Έτσι σε μια περιοχή όπου οι άξονες c είναι σχεδόν οριζόντιοι, ο πάγος λιώνει με τέτοιο τρόπο, ώστε οι κατακόρυφοι κρύσταλλοι να «απομονώνονται» και να μοιάζουν σαν όρθια κεριά. Το νερό της λίμνης με τριχοειδή τρόπο διεισδύει μεταξύ αυτών των «κεριών - παγοκρυστάλλων», προκαλώντας τη σκοτεινότητα στην περιοχή αυτή. Σε άλλη περιοχή, όπου οι άξονες c είναι κατακόρυφοι, υπάρχουν μεγαλύτεροι οριζόντιοι κρύσταλλοι, οι οποίοι λιώνουν εσωτερικά και σχηματίζουν μια «κηρήθρα» γεμάτη κοιλότητες. Αυτή η περιοχή θα είναι φωτεινότερη. Έτσι οι «σκοτεινές» περιοχές απορροφούν περισσότερο φως από τις «φωτεινές», και θερμαίνονται νωρίτερα απ' αυτές, με αποτέλεσμα να γίνονται λεπτότερες και πιο επικίνδυνες.

3.39 Το σημείο τήξεως του νερού είναι 0° C, αλλά το σημείο πήξεως μπορεί να είναι χαμηλότερο πράγμα που εξαρτάται από την καθαρότητα του νερού. Ιδιαίτερα καθαρό νερό μπορεί να παρουσιάσει υστέρηση πήξεως (δηλ. να ψύχεται κάτω από τους 0° C, χωρίς να στερεοποιείται) μέχρι τους –40° C. Οι προσμίξεις ξεκινούν την πήξη σε υψηλότερη θερμοκρασία (ποτέ όμως μεγαλύτερη των 0° C), η ακριβής τιμή της οποίας εξαρτάται από τον τύπο και την συγκέντρωση των προσμίξεων. Καθώς ψύχεται το νερό, τυχαίες διακυμάνσεις στην εσωτερική ενέργεια του συστήματος (που οφείλονται στην μικροσκοπική θερμική κίνηση) δημιουργούν μικρές νησίδες πάγου. Αν η θερμοκρασία του νερού απέχει πολύ ακόμη από το σημείο πήξεως, οι νησίδες πάγου εξαφανίζονται. Στο σημείο πήξεως, όμως, οι νησίδες πάγου έχουν αποκτήσει μια συγκεκριμένη κρίσιμη ακτίνα και μπορούν να αυξηθούν πέραν αυτής, επειδή μειώνει τη συνολική εσωτερική ενέργεια του συστήματος η συνεχιζόμενη πήξη. Η κρίσιμη ακτίνα είναι αυτή που αντιστοιχεί στους –40° C για εντελώς καθαρό νερό και σε υψηλότερη θερμοκρασία (χαμηλότερη όμως των 0° C) για νερό με προσμίξεις, διότι οι προσμίξεις μειώνουν την αναγκαία κρίσιμη ακτίνα των νησίδων πάγου.

3.40 Το κύριο στοιχείο είναι η αυξημένη εξάτμιση του ζεστού αρχικά νερού. Αν ρίξετε σε δύο όμοια, ανοιχτά στο πάνω μέρος τους δοχεία ίσες ποσότητες ζεστού και κρύου νερού και τα αφήσετε σε μέρος που μπορούν να παγώσουν, η εξάτμιση τότε του θερμού υγρού θα μειώσει τη μάζα του και είναι δυνατό, εξαιτίας της μικρότερης μάζας, να φτάσει αυτό συντομότερα στο σημείο πήξης και να στερεοποιηθεί νωρίτερα από το κρύο νερό. Στην πράξη ο ρυθμός ψύξης εξαρτάται κατά κάποιο τρόπο από τη σύσταση των δυο ποσοτήτων υγρού, την κυκλοφορία πάνω από τα δοχεία και μέσα στο νερό. Αν και σχολίασε ο Bacon το φαινόμενο και μολονότι είναι γνωστό στον Καναδά, ο κόσμος στις θερμότερες χώρες το βρίσκει μυστηριώδες. Τα περιοδικά φυσικής το ξανανακάλυψαν πρόσφατα, όταν ένας μαθητής από την Τανζανία έπεισε

το δύσπιστο καθηγητή του γι' αυτό το αποτέλεσμα.

3.41 Οι καταιγίδες ξεσπούν συχνότερα απόγευμα προς βράδυ και σε ηπειρωτικές χώρες. Η γραφική παράσταση της δραστηριότητας των καταιγίδων σε παγκόσμια κλίμακα δείχνει μια έξαρση καταιγίδων στην Αφρική και την Ευρώπη με μέγιστη δραστηριότητα περίπου στις 7μ.μ. ώρα Λονδίνου. Η γραφική παράσταση του γήινου ηλεκτρικού πεδίου (βλ. ερ. 6.33) έχει την ίδια μορφή και παρουσιάζει μέγιστο την ίδια περίπου ώρα, διότι η δραστηριότητα των καταιγίδων επαναφορτίζει τη γη, μεταφέροντας αρνητικά φορτία στο έδαφος και θετικά φορτία στην ανώτερη ατμόσφαιρα με τις αστραπές και διάφορες άλλες εκφορτίσεις (βλ. ερ. 6.32 και 6.46).

3.42 Η υγρασία του δέρματός σας μπορεί να μετατραπεί σε πάγο και να κολλήσει το δέρμα σας με το μεταλλικό αντικείμενο. Η πήξη γίνεται καλύτερα πάνω στο μέταλλο παρά στο ξύλο, επειδή είναι μεγάλη η θερμική αγωγιμότητα του μετάλλου και θα ψυχθούν γρήγορα οι άκρες των δαχτύλων σας (βλ. ερ. 3.78).

3.43 Κανονικά όσο πιο γρήγορα λιώνει, τόσο περισσότερο νερό βγάζει ο πάγος. Όταν το υγρό χαρτί περιβάλλει το πάγο, η θερμότητα του εξωτερικού περιβάλλοντος άγεται μέσα από το στρώμα νερού, γεγονός που καθυστερεί την παροχή θερμότητας στον πάγο.

3.44 Το νερό αποκτά τη μεγαλύτερη πυκνότητα σε θερμοκρασία περίπου 4° C. Έτσι, όταν αρχίσει να στερεοποιείται το νερό σε μια λίμνη, ο πάγος επιπλέει, αφού είναι ελαφρότερος, το νερό με θερμοκρασία κοντά στους 0° C ανεβαίνει προς τα πάνω και το λίγο θερμότερο νερό (σε θερμοκρασία κοντά στους 4° C) βυθίζεται στον πυθμένα. Το επιφανειακό λοιπόν στρώμα νερού της λίμνης θα είναι πιο κρύο απ' ό,τι του πυθμένα και θα μπορεί να στερεοποιηθεί γρηγορότερα. Ακόμη, θα ψύχεται γρηγορότερα αυτό, επειδή ακτινοβολεί τη θερμότητά του στην ατμόσφαιρα και γιατί επιπρόσθετα η κυκλοφορία του αέρα πάνω απ' αυτό απάγει θερμότητα. Το έδαφος του πυθμένα, από την άλλη, είναι θερμότερο και προσφέρει θερμότητα στο νερό του πυθμένα.

Οι φυσαλίδες του σχετικά θερμού αέρα παρέχουν θερμότητα, οπότε εμποδίζουν, καθυστερούν ή μειώνουν την πήξη.

3.45 Αν βρίσκεται η θερμοκρασία του χιονιού κοντά στο σημείο τήξεως, η τριβή από τα χιονοπέδιλα λιώνει αρχικά ένα λεπτό στρώμα χιονιού, πάνω στο οποίο μπορούν να γλιστρούν. Η συνεχής διάτμηση του στρώματος του νερού από τα κινούμενα σκι, προσφέρει τη συνεχώς αναγκαία θερμότητα, για να διατηρείται το στρώμα του νερού. Το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται στα χιονοπέδιλα (μέταλλο ή εβονίτης), δεν επιδρά από τη στιγμή της δημιουργίας του λεπτού στρώματος νερού. Παρ' όλα αυτά όμως, αν το υλικό των σκι είναι καλός αγωγός της θερμότητας, όπως τα μεταλλικά πέδιλα, θα απάγεται γρήγορα η θερμότητα, που είναι αναγκαία για τη διατήρηση του στρώματος νερού. Τα πέδιλα από εβονίτη (και ξύλο, που χρησιμοποιούσαν παλιότερα) άγουν ελάχιστα τη θερμότητα που προαναφέραμε, και μπορούν να συντηρούν το λεπτό στρώμα νερού.

Αν το χιόνι βρίσκεται αρκετά κάτω από το σημείο τήξης, δε θα δημιουργείται στρώμα νερού και τα σκι πρέπει να αλείφονται με λίπος, για να μειώνεται η τριβή.

3.46 Όπως τα χιονοπέδιλα της ερ. 3.45, τα παγοπέδιλα γλιστρούν πάνω σ' ένα λεπτό στρώμα νερού, το οποίο όμως, σε αντίθεση με το σκι, δημιουργείται από τήξη του πάγου λόγω πίεσης. Το βάρος του παγοδρόμου μοιράζεται σε δύο λεπτά ελάσματα που υπάρχουν στη βάση των παγοπέδιλων και αυτά ασκούν στον πάγο πίεση 500kp/cm^2* ή και περισσότερο. Για να υπολογίσετε με ακρίβεια την πίεση, πρέπει να θεωρήσετε την κατανομή του βάρους στα σημεία που πραγματικά βρίσκονται σ' επαφή με τον πάγο, και όχι σ' όλη την επιφάνεια των ελασμάτων των παγοπέδιλων. Τα άλλα υλικά διαφέρουν από το νερό και τον πάγο στο ότι δεν τήκονται με αύξηση της πίεσης σ' αυτά· έτσι δεν μπορεί να χρησιμοποιούνται για πατινάζ. Επειδή δεν εξαρτάται το σκι από την τήξη (λόγω πίεσης), είναι πιθανό να μπορέσετε να κάνετε σκι πάνω σε άλλα υλικά, όπως ο ξηρός πάγος (στερεό CO_2).

*Σ.τ.Μ: Η μονάδα kp/cm^2 ονομάζεται και τεχνητή ατμόσφαιρα.

3.47 Κάποια ξαφνική θέρμανση μπορεί να λιώσει ένα μέρος από χιόνι και να δημιουργήσει αρκετό νερό, το οποίο θα βοηθήσει το γλίστρημα του υπόλοιπου χιονιού.

Μια ξαφνική ψύξη είναι εξίσου

επικίνδυνη. Κατά τη δύση του ηλίου, για παράδειγμα, η πτώση της θερμοκρασίας μπορεί να στερεοποιήσει το νερό που υπάρχει, έτσι ώστε η κατά 11% περίπου διαστολή του να προκαλέσει το ξεκίνημα μιας χιονοστοιβάδας.

3.48 Όταν πιάνετε μια χούφτα χιόνι και προσπαθείτε να φτιάξετε μια χιονόμπαλα, προκαλείτε, λόγω πίεσης, τήξη, τουλάχιστο στο χιόνι της επιφάνειας. Αυτό στη συνέχεια επαναστερεοποιείται και εξασφαλίζει τη συνοχή της χιονόμπαλας.

3.49 Τα λάστιχα για το χιόνι είναι σχεδιασμένα έτσι, ώστε να «γατζώνουν» πάνω του και να αυξάνουν την πρόσφυσή τους.

Τα λάστιχα με καρφιά το καταφέρνουν αυτό από το γεγονός ότι λιώνουν το χιόνι ή τον πάγο, εξαιτίας της πίεσης που προκύπτει από το βάρος του αυτοκινήτου.

Το βάρος μάλιστα του αυτοκινήτου κατανέμεται σε πολύ μικρή επιφάνεια, την επιφάνεια επαφής των καρφιών με τον πάγο· η πίεση επομένως που αναπτύσσεται, είναι πολύ μεγάλη. Αν η θερμοκρασία του χιονιού ή του πάγου είναι κάτω από τους -18° C, η μεγάλη πίεση που δέχονται, είναι ανεπαρκής για να το λιώσει. Η άμμος είναι χρήσιμη επειδή μπορεί και χώνεται μέσα στο χιόνι ή τον πάγο, που λιώνει λόγω πίεσης· αυτό όμως δε συμβαίνει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

3.50 και 3.51 Όταν προστίθεται αλάτι στο νερό, για να στερεοποιηθεί το μίγμα, πρέπει να αποβληθεί μεγαλύτερο ποσό θερμότητας. Το μίγμα επομένως θα έχει χαμηλότερο σημείο πήξης. Και αυτό όχι μόνο γιατί πρέπει να επιβραδυνθεί η κίνηση των μορίων νερού, για να αρχίσει η κρυσταλλοποίησή του αλλά και για να υπερνικηθεί η έλξη τους από το αλάτι. Το αλάτι θα ανυψώσει εκτός των άλλων τη θερμοκρασία βρασμού του νερού. Κι αυτό διότι τα μόρια του νερού έλκονται από το αλάτι, οπότε πρέπει να κινούνται γρηγορότερα από το κανονικό, για να μπορέσουν να «δραπετεύσουν» στην αέρια φάση.

Για τους ίδιους λόγους (ελάττωση του σημείου πήξης και ανύψωση του σημείου βρασμού) χρησιμοποιούνται τα αντιπηκτικά μείγματα στα ψυγεία των αυτοκινήτων.

3.52 Η εξάτμιση του νερού απαιτεί θερμότητα, η οποία αντλείται από το σώμα σας, όταν στεκόσαστε βρεγμένος και γυμνός σ' ένα ρεύμα αέρα. Για να απομακρυνθούν μερικά μόρια από ένα στρώμα νερού, μ' άλλα λόγια, για να εξατμιστεί μια ποσότητα νερού, πρέπει να προσφερθεί ενέργεια σ' αυτά τα μόρια, ώστε να υπερνικήσουν την έλξη των υπόλοιπων μορίων του στρώματος. Σ' αυτό βέβαια το χρονικό διάστημα κάποια μόρια, που έχουν ήδη φτάσει στην κατάσταση ατμού, βυθίζονται τυχαία στο στρώμα νερού και καταλήγουν πάλι στην υγρή κατάσταση, επιστρέφοντας ενέργεια. Έτσι, αν αποτελούν το νερό και ο ατμός κλειστό σύστημα, που βρίσκεται σε ισορροπία, τότε, όση ενέργεια δαπανιέται για την εξάτμιση, τόση επανακτάται από τη συμπύκνωση.

Σ' ένα ρεύμα αέρα, όμως, οι υδρατμοί απομακρύνονται με σταθερό ρυθμό· επομένως, συνολικά, θα δαπανιέται συνεχώς ενέργεια από το στρώμα νερού. Αν αυτό, μάλιστα, βρίσκεται πάνω στο δέρμα σας, η ενέργεια που συνολικά δαπανιέται, θα προέρχεται από το σώμα σας και γι' αυτό θα κρυώνετε. Η μεθυλική αλκοόλη εξατμίζεται ταχύτερα από το νερό· άρα θα κρυώνετε γρηγορότερα.

Το υφασμάτινο «δοχείο» επιτρέπει μέσα από τους πόρους του την εξάτμιση του νερού με αποτέλεσμα να ψύχεται αυτό, και μάλιστα καλύτερα, όταν φυσά πάνω του ένα ρεύμα αέρα.

3.53 Για την εξάτμιση της βενζίνης (η οποία ενισχύεται από την αύξηση της ταχύτητας του αέρα, όταν αυτός εξαναγκάζεται να περάσει από το κεντρικό διάφραγμα πίσω από το ρεύμα της βενζίνης) δαπανιέται ενέργεια από τον αέρα. Έτσι, καθώς ψύχεται ο αέρας, είναι πιθανό να κορεστεί από υδρατμούς, και να αρχίσει η συμπύκνωση της περίσσειας της υγρασίας. Αν η υγρασία του περιβάλλοντος είναι από 65% έως 100% και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος από -4° C έως 10° C, οι συμπυκνωμένοι υδρατμοί μπορεί και να παγώσουν πάνω στην πεταλούδα.

3.54 Η σαλαμούρα (το αλατοδιάλυμα δηλαδή) σ' ένα κομμάτι πάγου βρίσκεται μέσα σε κυψέλες, οι οποίες «μεταναστεύουν» προς τα κάτω εξαιτίας της βαρύτητας και προς περιοχές μεγαλύτερης θερμοκρασίας λόγω βαθμιαίας τήξης και επανάπηξης.

Η δεύτερη μετακίνηση γίνεται συνήθως προς τα κάτω, επειδή το κομμάτι του πάγου είτε επιπλέει στον ωκεανό (ο ωκεανός είναι θερμότερος από τον υπερκείμενο αέρα) είτε ακουμπά στο έδα-

φος (και το έδαφος είναι θερμότερο από τον αέρα).

Εξαιτίας αυτών των δύο φαινομένων, η άλμη απομακρύνεται από τον πάγο, γίνεται «πόσιμος» αυτός μετά από ένα χρόνο και μετά μερικά χρόνια δεν περιέχει καθόλου αλάτι.

Για να κατανοήσετε τη μετακίνηση της άλμης, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ κορυφής καί βάσης του κομματιού πάγου, θεωρήστε μια κατακόρυφη κυψέλη άλμης μέσα στον πάγο. Η περιεκτικότητα του διαλύματος σε αλάτι είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του, που είναι ίση με τη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντα πάγου. Στο χαμηλότερο και θερμότερο άκρο της η περιεκτικότητα σε αλάτι θα είναι πολύ μεγάλη (βλ. ερ. 3.50) και θα συμβαίνει τήξη για να την μειώσει. Στο ψηλότερο και ψυχρότερο άκρο της θα είναι η περιεκτικότητα πολύ μικρή και θα συμβαίνει πήξη για να την αυξήσει. Έτσι, η κυψέλη άλμης θα κινείται ως σύνολο προς τα κάτω, φτάνοντας μ' αυτό τον τρόπο τελικά στη βάση του κομματιού του παγοτεμαχίου.

3.55 Για να εξαερωθεί το νερό της κατσαρόλας χρειάζεται ένα αρκετά μεγάλο ποσό θερμότητας.

Αν μείνει ανοιχτή η κατσαρόλα, η θερμότητα της εξαέρωσης χάνεται με σταθερό ρυθμό, καθώς φεύγουν οι υδρατμοί με τα ρεύματα αέρα.

Αντίθετα, αν η κατσαρόλα μένει σκεπασμένη, ο ατμός εγκλωβίζεται και η θερμότητα παραμένει μέσα της.

3.56 Δεν έχει δημοσιευτεί τίποτα άλλο πέρα από την εργασία που περιγράφει το φαινόμενο. Γιατί δεν πειραματίζεστε στο δικό σας φούρνο; Η αυξημένη υγρασία του αέρα, που θα περιέχεται στο φούρνο, επιδρά στο γρηγορότερο ζέσταμα του αέρα; Χρειάζεται λιγότερη θερμότητα για να αυξηθεί η θερμοκρασία του, ας πούμε, κατά 1° C; Αλλάζει η κυκλοφορία του αέρα;

3.57 Οι άνθρωποι προστατεύουν συχνά το ψυγείο του αυτοκινήτου τους από το πάγωμα του νερού με παρόμοιο τρόπο· τοποθετούν δηλαδή κοντά στο ψυγείο (μέσα στο γκαράζ) ένα μεγάλο δοχείο με νερό.

Καθώς πέφτει η θερμοκρασία του δωματίου και φτάνει το σημείο πήξης, το νερό του δοχείου δρα ως αποθήκη θερμότητας για το δωμάτιο.

Πράγματι, όταν αρχίζει να σχηματίζεται πάγος στο δοχείο, μια σχετικά μεγάλη ποσότητα θερμότητας (λανθάνουσα θερμότητα) απελευθερώνεται και εμποδίζει την επιπλέον ψύξη του δωματίου.

3.58 Ο εξωτερικός αέρας, που ψύχθηκε κατά τη διάρκεια της νύχτας, θα κατεβαίνει προς τα κάτω και θα γεμίζει την παγοθήκη κατά τη διάρκεια της αυγής, όταν ο περιβάλλων χώρος θ' αρχίσει να ζεσταίνεται. Ο αέρας που γεμίζει την παγοθήκη, είναι κορεσμένος από υδρατμούς (λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας της παγοθήκης), με αποτέλεσμα να συμπυκνώνεται μέρος της υγρασίας του. Κατά τη μετατροπή φάσης των ατμών σε υγρό, ελευθερώνεται ένα σημαντικό ποσό θερμότητας.

Η παγοθήκη θα θερμαινόταν λιγότερο, αν επιτρεπόταν στις ακτίνες του ήλιου να ζεστάνουν άμεσα τον αέρα μέσα της. Τότε θα εμπόδιζε αυτός την είσοδο εξωτερικού αέρα, γεγονός που θά' χε ως αναπόφευκτη συνέπεια τη συμπύκνωσή του.

3.59 Το χαμηλότερο και πλατύτερο άκρο της διάταξης απορροφά θερμότητα από το φούρνο και θερμαίνει το νερό που βρίσκεται στο χαμηλότερο άκρο της κοιλότητας. Το νερό τελικά μετατρέπεται σε ατμό, γεγονός το οποίο απαιτεί ένα σημαντικό ποσό θερμότητας. Ο ατμός ανεβαίνει στο ψηλότερο μέρος της κοιλότητας, το οποίο βέβαια βρίσκεται σε μια περιοχή που το κρέας είναι πιο κρύο. Εκεί ο ατμός συμπυκνώνεται απελευθερώνοντας τη θερμότητα (λανθάνουσα θερμότητα), που είχε απορροφήσει κατά τον προηγούμενο σχηματισμό του. Το νερό κυλά πάλι προς την κάτω άκρη της κοιλότητας και ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Η μεταφορά της αναγκαίας θερμότητας στο εσωτερικό του κρέατος είναι 100 έως 1000 φορές ταχύτερη από την αγωγή μέσω μιας συμπαγούς ράβδου από το ίδιο υλικό, εξαιτίας του μεγάλου ποσού θερμότητας που απαιτείται για την μετατροπή της υγρής σε αέρια φάση.

3.60 Αν ένα βουνό ήταν ψηλότερο από το κρίσιμο ύψος των 30Km περίπου, τότε η πίεση που θα ασκούσε στη βάση του (λόγω του βάρους του), θα ήταν αρκετή για να την υγροποιήσει. Ως αποτέλεσμα θα είχαμε το να βυθιζόταν, ώστε το ύψος του να μην ξεπερνά το κρίσιμο ύψος. Τα βουνά επομένως στον πλανήτη μας δεν μπορεί να έχουν ύψος μεγαλύτερο από 30Km. Στην επιφάνεια του Άρη η βαρύτητα είναι μικρότερη απ' ό,τι

στην επιφάνεια της Γης. Σ' αυτόν κατά συνέπεια, τα βουνά θα έχουν μεγαλύτερο κρίσιμο ύψος.

3.61 Αν η επίδειξη γίνεται αμέσως μετά τους πρώτους ήχους του βρασμού, το νερό δε βρίσκεται ακόμη στη θερμοκρασία βρασμού (βλ. ερ. 1.12)· έτσι, αν και είναι ζεστό, δεν πρέπει να είναι επικίνδυνο. Το νερό διασκορπίζεται σε σταγόνες, όταν το τινάζει ο ιερέας στον αέρα. Οι σταγόνες κρυώνουν λίγο, μέχρι να φτάσουν στο δέρμα του. Αν ο ιερέας έχει ιδρώσει σ' όλη αυτή την ιεροτελεστία, (φαινόμενο ιδιαίτερα συχνό), ο ιδρώτας θα τον προστατέψει αποτελεσματικά από τις ζεστές σταγόνες.

3.62 Το νερό εξατμίζεται, πριν ακόμη αρχίσετε να το θερμαίνετε. Κάποια μόριά του, που έχουν αρκετά υψηλή ενέργεια, «δραπετεύουν» απ' αυτό. Μερικά απ' αυτά ξαναβυθίζονται ασφαλώς στο νερό, συνολικά όμως υπάρχει μεταφορά μορίων από την υγρή στην αέρια φάση. Καθώς θερμαίνεται το νερό, αυξάνεται ο αριθμός των μορίων, που «δραπετεύουν» και με τη μορφή υδρατμών, «σκεπάζουν» την επιφάνεια του νερού, μέχρις ότου τελικά η πίεσή τους αποκτήσει τη μέγιστη δυνατή τιμή που ονομάζεται τάση κορεσμένων ατμών. Η θερμοκρασία του νερού σ' αυτή την κατάσταση ονομάζεται θερμοκρασία βρασμού. Η τιμή της τάσης των κορεσμένων ατμών εξαρτάται από την ατμοσφαιρική πίεση. Έτσι, σ' ένα ψηλό βουνό, όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι μειωμένη, το νερό βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία (απ' ό,τι στην επιφάνεια της θάλασσας), αφού είναι μικρότερη η τάση κορεσμένων ατμών.

Η δημιουργία βρασμού εξαρτάται επίσης από την ύπαρξη πυρήνων δημιουργίας φυσαλίδων στη μάζα του νερού.

Αν είναι ιδιαίτερα καθαρό το νερό και το αφήσετε προσεκτικά, χωρίς να το διαταράξετε, μπορεί να θερμανθεί σε υψηλότερη από την κανονική θερμοκρασία βρασμού για την υπάρχουσα ατμοσφαιρική πίεση.* Μια μικρή όμως διαταραχή, ακόμη και ένας κόκκος σκόνης, μπορούν να προκαλέσουν έντονη έκρηξη και βίαιη ατμοποίηση.

*Σ.τ.Μ: το φαινόμενο ονομάζεται υστέρηση βρασμού

3.63 Η τριχοειδής δράση και ο κυματισμός είναι οι αιτίες που δημιουργούν σχετικά λεπτά στρώματα νερού στα χείλη των νερόλακκων και των λιμνών. Καθώς εξατμίζεται το νερό, απομένει το διαλυμένο αλάτι στα χείλη τους.

3.64 Ο σωλήνας, που συνδέει το κεφάλι με τα πόδια του πουλιού, εκτείνεται μέχρι τη βάση του. Σ' αυτήν υπάρχει αρκετό υγρό, που καλύπτει την κάτω άκρη του σωλήνα. Πάνω από το υγρό στον υπόλοιπο χώρος της βάσης και στον υπόλοιπο χώρο του σωλήνα και το κεφάλι υπάρχει ατμός από το υγρό. Οι δυο αυτές θήκες ατμού δε συνδέονται μεταξύ τους, όταν το πουλί βρίσκεται σε όρθια θέση.

Καθώς εξατμίζεται το νερό από το λοφίο, ψύχεται το κεφάλι και ο ατμός που υπάρχει στο εσωτερικό του (βλ. ερ. 3.52), με αποτέλεσμα να μειώνεται η πίεση των ατμών στη θήκη του κεφαλιού. Έτσι υπάρχει μεγαλύτερη πίεση στη θήκη ατμού της βάσης και το υγρό ανεβαίνει αργά προς το κεφάλι μέσα από το σωλήνα. Το γεγονός αυτό κάνει ασταθή την ισορροπία του πουλιού, με αποτέλεσμα να σκύψει το κεφάλι του και να το βυθίσει μέσα στο νερό του ποτηριού. Μόλις βρεθεί το πουλί στην οριζόντια θέση, οι δυο θήκες ατμού συνδέονται και εξισώνονται οι πιέσεις τους.

Δεν υπάρχει επομένως λόγος να ανεβαίνει το υγρό προς τα πάνω· το πουλί ανασηκώνεται και ο κύκλος ξαναρχίζει.

Η RAND Co έκανε μια μελέτη το 1967 για την κατασκευή μεγάλων πουλιών, που θα μετέφεραν νερό μεταξύ αρδευτικών αγωγών στη Μέση Ανατολή.

3.65 Όταν μια σταγόνα νερού πλησιάζει το ζεματιστό τηγάνι, ατμοποιείται ακαριαία το κάτω μέρος της, οπότε δημιουργείται ένα στρώμα ατμού μεταξύ του τηγανιού και του υπόλοιπου τμήματος της σταγόνας. Στη συνέχεια η σταγόνα θερμαίνεται με ακτινοβολία δια μέσου του στρώματος ατμού, με μεταφορά ρευμάτων μέσα στο στρώμα ατμού και με αγωγή από το στρώμα ατμού. Αυτοί όμως οι τρεις τρόποι απαιτούν από 1 έως 2 λεπτά για να θερμάνουν τη σταγόνα έως τη θερμοκρασία βρασμού. Έτσι το στρώμα ατμού προστατεύει τη σταγόνα γι' αυτό το χρονικό διάστημα, επιτρέποντάς της να γλιστρά και να χορεύει πάνω στην επιφάνεια του τηγανιού.

3.66 Υπέρθερμο νερό (νερό δηλαδή με θερμοκρασία ψηλότερη από τη θερμοκρασία βρασμού) διεισδύει στην κοιλότητα και

στην κύρια στήλη του θερμοπίδακα· αυτό προέρχεται από θερμό πέτρωμα, που μπορεί να είναι χίλια μέτρα κάτω από την επιφάνεια. Όταν το νερό βρεθεί μέσα στην κοιλότητα, σχηματίζονται μικρές φυσαλίδες ατμού οι οποίες όσο ανέρχονται, μεγαλώνουν. Το νερό μέσα από το οποίο περνούν οι φυσαλίδες, ατμοποιείται βίαια. Η πίεση που προκύπτει, εξαναγκάζει ένα μέρος του νερού να εκτιναχθεί στον αέρα. Η διαδικασία αυτή στη συνέχεια επαναλαμβάνεται από μόνη της μερικές φορές, όπως στην περίπτωση του Old Faithful, με μια ορισμένη περιοδικότητα.

3.67 Ο ατμός ανεβαίνει μέσα στο σωλήνα και κυκλοφορεί στα σώματα του καλοριφέρ, όπου συμπυκνώνεται και επιστρέφει στο σωλήνα. Η μεταβολή φάσης (από υγρή σε αέρια) μάλλον παρά η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, ελευθερώνει θερμότητα, την οποία ακτινοβολεί το καλοριφέρ.

3.68 Όταν έκανα την επίδειξη με το μόλυβδο, έβρεξα πρώτα τα χέρια μου. Όταν χώθηκαν τα δάχτυλά μου στο λιωμένο μόλυβδο, ένα μέρος του νερού που υπήρχε στα χέρια μου ατμοποιήθηκε ακαριαία και σχημάτισε (τουλάχιστον για λίγες στιγμές) ένα προστατευτικό κάλυμμα, όμοιο με το προστατευτικό στρώμα ατμού της ερ. 3.65. Η φυσική υγρασία του δέρματος (ειδικά αν φοβάστε και έχετε ιδρώσει) βοηθά το ίδιο αποτελεσματικά. Όταν περπατά κανείς πάνω σε κάρβουνα, παρέχουν — πιθανώς — προστασία η υγρασία των ποδιών, ο ιδρώτας που δημιουργείται από πατημασιά σε πατημασιά, και οι κάλοι.

Τα βρεγμένα πόδια διευκολύνουν το περπάτημα αλλά εγώ διαπίστωσα ότι μπορώ να περπατήσω πάνω σ' αναμμένα κάρβουνα χωρίς κάποια ιδιαίτερη προετοιμασία στα πόδια μου.

3.69 Το «σφυροκόπημα» του νερού συμβαίνει, όταν συσσωρευτεί νερό σε κάποιο μέρος των σωληνώσεων. Έτσι, όταν ο ατμός που κυκλοφορεί πάνω από το νερό, ψυχθεί, η πίεσή του μειώνεται ξαφνικά. Το νερό τότε αναρροφάται γρήγορα στην περιοχή χαμηλής πίεσης, χτυπά τις σωληνώσεις και παράγει ένα βαρύ και υπόκωφο ήχο. Για να εξαφανίσετε το «σφυροκόπημα» του νερού, πρέπει να αφαιρέσετε το συσσωρευμένο νερό.

3.70 Η θαμπή πλευρά θα ακτινοβολεί και θα απορροφά θερμότητα καλύτερα από τη γυαλιστερή πλευρά. (βλ. ερ. 3.74). Αν έχουμε τυλίξει, επομένως, πατάτες έτσι ώστε η εξωτερική πλευρά του αλουμινόχαρτου να είναι η θαμπή, θα μαγειρευτούν αυτές γρηγορότερα και θα κρυώσουν επίσης γρηγορότερα, όταν τις ακουμπήσουμε στο τραπέζι. Εφόσον δεν έχει δημοσιευτεί τίποτα μέχρι σήμερα για το φαινόμενο αυτό, γιατί δεν πειραματίζεστε μόνοι σας;

3.71 Το μέταλλο του σύρματος της λάμπας εξαερώνεται και της δίνει γκρίζο χρώμα. Τα ρεύματα μεταφοράς του λίγου αέρα μέσα στη λάμπα μεταφέρουν τα μόρια του μετάλλου προς τα πάνω, με αποτέλεσμα το πάνω μέρος της λάμπας να γκριζάρει.

3.72 Όταν ένας παρατηρητής, συνηθισμένος στο σκοτάδι, κοιτάξει ένα πυρακτωμένο μαύρο σώμα σ' ένα εντελώς μαύρο φόντο, θ' αρχίσει να βλέπει το φως που εκπέμπει, αν η θερμοκρασία του γίνει 650 με 800° K, γεγονός που εξαρτάται από τη γωνία που τοποθετείται το σώμα μέσα στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή.

3.73 Μπορείτε να δροσιστείτε στιγμιαία, ανοίγοντας την πόρτα του ψυγείου. Στη συνέχεια το ψυκτικό σύστημα του ψυγείου θα αναγκαστεί να ξανακρυώσει τον εσωτερικό του χώρο. Έτσι ο κινητήρας θα απελευθερώσει στο δωμάτιο περισσότερη θερμότητα απ' όση απορρόφησε απ' αυτό ο κρύος αέρας του ψυγείου. Το αποτέλεσμα θα είναι να ζεσταθεί το δωμάτιο αντί να κρυώσει. Μπορείτε, βέβαια, να φανείτε πιο πονηροί. Να βγάλετε την μπρίζα του ψυγείου και να ανοίξετε αμέσως την πόρτα του. (Στην περίπτωση αυτή πάντως πρέπει να φάτε όλο το παγωτό, γιατί θ' αρχίσει να λιώνει).

3.74 Μια μαύρη επιφάνεια απορροφά τη θερμική ακτινοβολία, που πέφτει πάνω της, γρηγορότερα από μια γυαλιστερή επιφάνεια. Έτσι η μαύρη φόρμα θα ψήσει το γλυκό γρηγορότερα. Το γυαλί απορροφά περισσότερο θερμική (υπερέρυθρη) ακτινοβολία που πέφτει πάνω του, κι έτσι η γυάλινη φόρμα ψήνει το γλυκό γρηγορότερα από τή μεταλλική.

3.75 Το κατόρθωμα του Αρχιμήδη επαναλήφθηκε το 1973 από έναν Έλληνα μηχανικό, ο οποίος χρησιμοποίησε 70 επίπεδα κάτοπτρα (διαμέτρου 1 έως 1.5m). Τα κάτοπτρα τα κρατούσαν στρατιώτες και εστίαζαν τις ακτίνες του ήλιου σε μια βάρκα, σε απόσταση 50m περίπου από την ακτή. Όταν

«σκόπευσαν» τη βάρκα όλοι μαζί οι στρατιώτες, με τους καθρέφτες τους, πήρε φωτιά αυτή μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα και βυθίστηκε τυλιγμένη στις φλόγες. Ο Arthur Clarke (ο συγγραφέας του «2001») χρησιμοποίησε την ίδια ιδέα σε μια ιστορία επιστημονικής φαντασίας: οι φίλαθλοι της τοπικής ομάδας, πριν αρχίσει ο ποδοσφαιρικός αγώνας είχαν προμηθευτεί από μια αναμνηστική κάρτα (καρτ - ποστάλ), τυπωμένη σε γυαλιστερό χαρτί. Όταν έπαιρνε ο διαιτητής κάποια απόφαση κατά της ομάδας τους, τον έκαιγαν, κατευθύνοντας με τις αναμνηστικές κάρτες το φως του ήλιου πάνω του.

3.76 Το κερί μετατρέπει ένα μέρος του νερού του λέβητα σε ατμό. Αυτός σπρώχνει στη συνέχεια τη στήλη του νερού μέσα στους σωλήνες, τινάζοντάς την με μορφή πίδακα, πίσω από τη βάρκα. Αφού αφήσει τον λέβητα ο ατμός, ένα μέρος του συμπυκνώνεται στους σωλήνες, που είναι ψυχρότεροι, οπότε συστέλλεται και αναρροφά νερό, ξαναγεμίζοντας τους σωλήνες. Το κύριο, όμως, χαρακτηριστικό είναι ότι το νερό που γεμίζει τους σωλήνες, δεν προέρχεται από μία μόνο διεύθυνση αλλά από τόσες πολλές που καλύπτουν ένα ολόκληρο ημισφαίριο. Έτσι αναπτύσσεται συνολικά μια ώση προς τα μπρος εξαιτίας της ασύμμετρης εκτίναξης του νερού προς τα πίσω και της συμμετρικής ροής του νερού προς τα μπρος απ' όλες τις διευθύνσεις του ημισφαιρίου.

3.77 Το πόσο κρύο αισθάνεστε ένα αντικείμενο, όταν το αγγίζετε, δεν οφείλεται μόνο στη θερμοκρασία του αλλά και στη θερμική του αγωγιμότητα. Όσο πιο γρήγορα απάγει θερμότητα από το σώμα σας ένα σχετικά κρύο αντικείμενο, που βρίσκεται σε επαφή μαζί σας, τόσο πιο κρύο το αισθάνεστε.

3.78 Στα θερμά κλίματα το ρούχο είναι απαραίτητο, για να προστατεύει το σώμα από τις ηλιακές ακτίνες. Τα σκούρα ρούχα απορροφούν περισσότερο ορατό και υπερέρυθρο φως απ' ό,τι τα λευκά. Γι' αυτό φορούν λευκά ρούχα στα θερμά κλίματα. Αν υπάρχει άφθονο νερό, τότε τα ρούχα πρέπει να είναι πορώδη, ώστε να επιτρέπουν την εξάτμιση του ιδρώτα και να μπορεί να δροσίζεται το δέρμα.

Αν το νερό είναι λιγοστό, τα ρούχα πρέπει να είναι ελάχιστα πορώδη ώστε να εμποδίζουν τη γρήγορη αφυδάτωση. Στο «Dune», κλασικό πια βιβλίο επιστημονικής φαντασίας του Herbert, το νερό είναι τόσο λιγοστό ώστε οι άνθρωποι φορούσαν ρούχα που εγκλώβιζαν εντελώς την πολύτιμη υγρασία του σώματος.

3.79 Τα χοντρά και συμπαγή μαντεμένια μαγειρικά σκεύη παρουσιάζουν περισσότερο ομοιόμορφα κατανεμημένη θερμοκρασία στον πυθμένα τους απ' ό,τι τα μοντέρνα λεπτά ατσάλινα σκεύη, τα οποία παρουσιάζουν θερμή περιοχή ακριβώς πάνω από τη φλόγα. Σ' αυτό το γεγονός οφείλεται και το συχνό «κόλλημα» του φαγητού στα σκεύη αυτά.

3.80 Οι χειμώνες στο Βόρειο Ημισφαίριο είναι κρύοι, όχι επειδή απέχει η Γη περισσότερο από τον Ήλιο (αντίθετα μάλιστα!) αλλά επειδή η κλίση του άξονα περιστροφής της γης έχει ως αποτέλεσμα να μικραίνουν οι ημέρες και να χαμηλώνει ο ήλιος στον ουρανό. Και οι δυο λόγοι μειώνουν το ποσό της θερμότητας που φτάνει στην επιφάνειά της κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μεταβολή όμως της θερμοκρασίας θα καθυστερεί περίπου ένα μήνα σε σχέση με τις μεταβολές αυτών των παραγότων, διότι το έδαφος, οι θάλασσες και η ατμόσφαιρα χρειάζονται κάποιο χρόνο, για να κρυώσουν.

3.81 Η πλευρά του αστροναύτη που τη βλέπει ο ήλιος, απορροφά ακτινοβολία και φυσικά θερμαίνεται. Επιπλέον ο αστροναύτης εκπέμπει θερμική ακτινοβολία απ' όλη την επιφάνεια του σώματός του. Άρα η «προσήλια» μεριά του αστροναύτη θα είναι θερμή και η αντίθετη ψυχρή. (Στην πραγματικότητα οι διαστημικές στολές διαθέτουν συσκευή κλιματισμού). Ένα θερμόμετρο που βρίσκεται στο διάστημα, θα θερμανθεί μέχρι του σημείου που η απορροφούμενη απ' αυτό ακτινοβολία θα γίνει ίση με την ενέργεια, που ακτινοβολεί το ίδιο. Μπορείτε κι εσείς να ελέγξετε πειραματικά το παραπάνω φαινόμενο, αν σταθείτε μπροστά σ' ένα τζάκι.

3.82 Το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» συνήθως δε γίνεται καλά κατανοητό. Τα θερμοκήπια είναι ζεστά όχι εξαιτίας της παγίδευσης κάποιας ακτινοβολίας από το γυαλί, που τα καλύπτει, αλλά διότι δεν ψύχονται από την κυκλοφορία του αέρα (η οποία είτε είναι ανύπαρκτη είτε περιορισμένη). Το γυαλί αντίθετα περιορίζει μάλλον τη ροή ακτινοβολίας, προς το εσωτερικό τους αντί να την αυξάνει λόγω παγίδευσης

της. Η ατμόσφαιρα της γης όμως παγιδεύει την ακτινοβολία, διότι είναι περισσότερο διαφανής στην ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος απ' ό,τι στην ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Έτσι ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, που έχει μικρό μήκος κύματος και διέρχεται μέσα απ' αυτήν, απορροφάται από την επιφάνεια της γης, θερμαίνεται αυτή και με τη σειρά της εκπέμπει ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Η ατμόσφαιρα όμως δεν επιτρέπει τη δίοδο όλης αυτής της δεύτερης ακτινοβολίας από μέσα της κι έτσι εγκλωβίζει ένα μέρος της.

3.83 Το μεγαλύτερο μέρος των θερμικών απωλειών του ανθρώπινου σώματος, — όταν δεν υπάρχει αέρας — οφείλεται στη θερμική ακτινοβολία του. Κάθε σώμα που έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν, ακτινοβολεί θερμότητα, το ποσό της οποίας αυξάνεται όσο το σώμα είναι θερμότερο. Ταυτόχρονα απορροφά μια ποσότητα θερμότητας από το περιβάλλον του, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Συνολικά όμως το ανθρώπινο σώμα χάνει ενέργεια, επειδή είναι πάντοτε σχεδόν θερμότερο από το περιβάλλον του. Όταν βρίσκεσθε στο ύπαιθρο ή μπροστά σ' ένα τζάμι και ο καιρός είναι ψυχρός, η απορρόφηση ακτινοβολίας από το σώμα σας λιγοστεύει λόγω ελάττωσης της ακτινοβολούμενης ενέργειας από το περιβάλλον σας. Το αποτέλεσμα είναι να χάνει συνολικά το σώμα σας περισσότερη ενέργεια και να αισθάνεστε κρύο. Όταν ένας αστροναύτης βρεθεί στο διάστημα χωρίς τη στολή του και ταυτόχρονα απέχει πολύ από τον ήλιο, θα νιώσει πολύ έντονο κρύο, επειδή δεν υπάρχει γύρω του τίποτα που να εκπέμπει θερμότητα. Ο άνθρωπος μπορεί να προσαρμοστεί σε ψυχρό κλίμα, αναπροσαρμόζοντας τη διατροφή του και την ταχύτητα κυκλοφορίας του αίματός του. Οι Εσκιμώοι καταναλώνουν περισσότερες πρωτεΐνες από τους κατοίκους των χωρών με μικρότερο γεωγραφικό πλάτος, διότι μ' αυτόν τον τρόπο διατηρούν εντονότερο μεταβολισμό, που τους προστατεύει από το κρύο.

Τα τριχοειδή αγγεία, που φτάνουν στην επιδερμίδα, συστέλλονται, για να μειωθεί η απώλεια θερμότητας. Εάν όμως η θερμοκρασία των άκρων πέσει αρκετά, αρχίζουμε να τρέχουμε, επειδή έτσι αυξάνουμε τη δραστηριότητα, επομένως και τη θερμοκρασία τους. Οι απώλειες θερμότητας οφείλονται εξάλλου και στην αγωγή (για παράδειγμα από τα πόδια προς το έδαφος) και στη διάδοση με μεταφορά, στην οποία πρέπει να συμπεριλάβουμε και τις απώλειες από την εξάτμιση (βλ. ερ. 3.52). Τα γούνινα παλτά μας κρατούν ζεστούς, διότι έχουν θύλακες αέρα, που είναι πολύ «φτωχοί» αγωγοί της θερμότητας. Ο άνεμος όμως «εξουδετερώνει» αυτούς τους θύλακες. Γι' αυτό το λόγο πρέπει τις κρύες μέρες, όταν φυσά αέρας, να φοράτε ανάποδα τη γούνα σας, εάν θέλετε να μην καταστρέφονται οι θύλακες ακίνητου αέρα και να ελαχιστοποιήσετε τις απώλειες θερμότητας του σώματός σας.

3.84 Οι μεταλλικοί σωλήνες είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας και χάνουν συνεχώς μεγάλα ποσά θερμότητας λόγω μεταφοράς από τα ρεύματα που κινούνται γύρω τους. Όταν όμως τοποθετήσουμε ένα στρώμα αμιάντου γύρω από τους σωλήνες, μειώνεται η ταχύτητα με την οποία άγεται η θερμότητα στην επιφάνειά τους, για να διασκορπιστεί στη συνέχεια με μεταφορά. Αυτό συμβαίνει, διότι ο αμίαντος είναι χειρότερος αγωγός της θερμότητας από το μεταλλικό σωλήνα.

3.85 Όταν βρίσκονται μερικά χιλιόμετρα μακριά σας τα σύννεφα της καταιγίδας, θα παρατηρήσετε να πνέει προς αυτά άνεμος, εξαιτίας ανοδικών ρευμάτων στο πρόσθιο τμήμα των σύννεφων. Όταν όμως σας πλησιάσουν, ο άνεμος πνέει κατά την αντίθετη κατεύθυνση, λόγω των καθοδικών ρευμάτων κρύου αέρα, που σύρονται από τη βροχή.

3.86 Η θερμότητα του δάχτυλού σας συντελεί στην απότομη μείωση της πυκνότητας του υγρού, που βρίσκεται κοντά στο σημείο του δοχείου που ακουμπάτε. Το πυκνότερο υγρό που περιβάλλει την περιοχή αυτή, μετατοπίζει το ζεστό υγρό· αυτό στη συνέχεια διασκορπίζεται στην επιφάνεια, έως ότου κρυώσει, οπότε και βυθίζεται πάλι. Η σκόνη του αλουμινίου καθιστά ορατή την κυκλοφορία του υγρού.

3.87 Το δέντρο, την ώρα που αρχίζει το σούρουπο, αποτελεί μια αποθήκη ζεστού αέρα, ο οποίος ξεκινά απ' αυτό και μεταφέρεται προς τα πάνω. Στα έντομα αρέσει ο ζεστός αέρας και κατά πάσα πιθανότητα και το νερό που συμπυκνώνεται, καθώς ψύχεται σταδιακά ο ανερχόμενος αέρας.

3.88 Οι ακτίνες του ηλίου θερ-

μαίνουν τους βράχους που βρίσκονται στον πυθμένα της θάλασσας. Αυτοί θερμαίνουν με τη σειρά τους το νερό που τους περιλούζει.

Το ζεστό νερό, όμως, είναι ελαφρότερο και μεταφέρεται προς την επιφάνεια. Οι γαρίδες φαίνεται ότι αγαπούν το ζεστό νερό (κατά πάσα πιθανότητα και τις οργανικές ουσίες που περιέχει) αλλά αντιπαθούν τον ήλιο. Αφήνονται λοιπόν να παρασυρθούν από το θερμό ανοδικό ρεύμα. Μόλις όμως φτάσουν στην επιφάνεια του νερού, καταδύονται, επειδή αντιπαθούν τις ακτίνες του ηλίου.

3.89 Η αύξηση της ροής της θερμότητας του σώματος προς την επιδερμίδα μέσω του αίματος και η ανάλογη αύξηση της εφίδρωσης απελευθερώνει στο περιβάλλον την πρόσθετη θερμότητα. Αυτή όμως η λειτουργία μπορεί να οδηγήσει σε ανωμαλίες μικρές ή ακόμη και πολύ επικίνδυνες.

Η ροή του αίματος προς την επιδερμίδα μειώνει την αντίστοιχη ροή προς τον εγκέφαλο, προκαλώντας έτσι λιποθυμία, όταν μάλιστα το άτομο σηκώνεται όρθιο απότομα. Η μείωση άλλωστε του αλατιού, που οφείλεται στην εφίδρωση προκαλεί ναυτία, κράμπες και κυκλοφοριακά προβλήματα. Εάν η εφίδρωση προκαλέσει απώλεια του 2% του ολικού νερού που περιέχει το σώμα, το άτομο νιώθει έντονη δίψα. Εάν οι απώλειες φτάνουν το 7%, η κυκλοφορία σταματά και επέρχεται φυσικά το μοιραίο. Η υπερθέρμανση του σώματος έχει τα ίδια αποτελέσματα, λιποθυμίες δηλαδή και θάνατο τελικά.

3.90 Εάν θέλετε να πιείτε τον καφέ στην αρχή του μαθήματος, όσο το δυνατό πιο ζεστό, προσθέστε το γάλα, λίγο πριν την έναρξη, διότι τον ψύχει. Η διάλυση της ζάχαρης θα ψύξει επίσης τον καφέ, εφόσον θα χρειαστεί ένα ορισμένο ποσό ενέργειας, για να διαλυθεί. Το ίδιο πετυχαίνουμε, αν τον ανακατέψουμε μ' ένα κουτάλι, επειδή αυξάνεται έτσι η ροή του ζεστού καφέ προς την επιφάνεια και τα τοιχώματα του φλιτζανιού σε σχέση με την κανονική ροή θερμότητας λόγω μεταφοράς. Το μεταλλικό κουτάλι εξάλλου, απορροφά θερμότητα και την άγει έξω από το υγρό, για να διαδοθεί στη συνέχεια δια μεταφοράς στον αέρα ή και για να ακτινοβοληθεί προς το περιβάλλον.

Επειδή τα μαύρα αντικείμενα ακτινοβολούν τη θερμότητα περισσότερο απ' ό,τι τα λευκά, ο άσπρος καφές ψύχεται με αργότερο ρυθμό.

Ο ίδιος συλλογισμός ισχύει και για το χρώμα του φλιτζανιού. Η συγκριτική σημασία όλων αυτών των παραγόντων δεν έχει ακόμη προσδιοριστεί ειδικά για τον καφέ. Γιατί, λοιπόν, δεν πειραματίζεστε;

3.91 Τα μόρια της χρωστικής πρέπει να διαχέονται από το αρνητικό μέχρι το θετικό, διανύοντας απόσταση 250μm περίπου σε ανάλογο χρόνο εμφάνισης (συνήθως είναι ένα λεπτό στις σημερινές Polaroid). Η ροή όμως των μορίων, που διατρέχουν ένα ορισμένο διάστημα, εξαρτάται από την ταχύτητά τους και αυτή με την σειρά της από τη θερμοκρασία. Ένα κρύο περιβάλλον επιβραδύνει τα μόρια και κατά συνέπεια τη διάχυση προς το θετικό φιλμ.

3.92 Υπάρχουν πολλοί λόγοι, που καθιστούν τις πόλεις πιο ζεστές από τα προάστιά τους και γενικότερα από το ύπαιθρο. Η εξάτμιση του νερού είναι λιγότερη κι έτσι η ψύξη λόγω απώλειας της λανθάνουσας θερμότητας εξαέρωσης είναι μικρότερη (βλ. ερ. 3.52). Οι δρόμοι και οι οικοδομές αποθηκεύουν περισσότερη θερμότητα σε σύγκριση με το χώμα. Οι άνεμοι είναι σπανιότεροι συνήθως, επειδή υπάρχουν ψηλές κατασκευές, οι οποίες και σχηματίζουν ένα πολυδαίδαλο ιστό. Το γρήγορο «μάζεμα» του χιονιού και η θερμότητα που παράγουν οι διάφορες μηχανές (αυτοκίνητα, καυστήρες, κ.λ.π), είναι κι αυτοί παράγοντες θέρμανσης των πόλεων, λιγότερο σημαντικοί βέβαια από τους προηγούμενους.

3.93 Η ολική κινητική ενέργεια των μορίων του αέρα που περιέχει το δωμάτιο (αυτή που ονομάζουμε μεταφορική κινητική ενέργεια) είναι ανάλογη του γινομένου του αριθμού των μορίων και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Εάν υποθέσουμε ότι ο αέρας είναι ιδανικό αέριο, η παραπάνω ενέργεια είναι επιπλέον ανάλογη και το γινόμενο της πίεσης του αέρα επί τον όγκο του δωματίου. Όταν θερμανθεί ο αέρας του δωματίου, ο όγκος του δε μεταβάλλεται φυσικά. Εκείνο που δεν είναι τόσο προφανές είναι ότι δε μεταβάλλεται και η πίεση, διότι το δωμάτιο δεν είναι αεροστεγές και συνεπώς θα υπάρξουν διαφυγές προς τα έξω. Η πίεση επομένως του αέρα θα είναι ίση με την εξωτερική ατμοσφαιρική πίεση. Έτσι, όταν θερμαίνεται το δωμάτιο, η πίεση και ο όγκος παραμένουν σταθερά. Το

ίδιο συμβαίνει συνεπώς και στην ενέργεια των μορίων του αέρα. Αλλά αυτό είναι δυνατό, μόνο όταν με την αύξηση της θερμοκρασίας είναι δυνατή η διαφυγή μορίων έξω από το δωμάτιο.

3.94 Ο δενδροκόμος τοποθετεί τα καπνογόνα δοχεία, την ώρα που σουρουπώνει, αφού έχει θερμανθεί το έδαφος από τον ήλιο. Οι καπνοί που βγάζουν τα δοχεία, απορροφούν τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει το έδαφος και την επανακτινοβολούν προς αυτό.

Η θερμότητα συνεπώς εγκλωβίζεται μεταξύ του εδάφους και των καπνών· έτσι το χωράφι δεν ψύχεται το ίδιο γρήγορα, όπως θα συνέβαινε, αν η ακτινοβολία του εδάφους χανότανε στην ατμόσφαιρα. Τα σύννεφα μπορούν να προκαλέσουν το ίδιο φαινόμενο.

3.95 Το στρώμα του χιονιού είναι κακός αγωγός της θερμότητας και συμβάλλει στη διατήρηση της θερμικής ενέργειας του εδάφους, μονώνοντάς το (όπως και τη σπορά) από τον αέρα, που είναι ψυχρότερος από το χιόνι.

3.96 Οι πυρκαγιές που προκαλούνται απο τις πυρηνικές εκρήξεις, οφείλονται στην ορατή και την υπερέρυθρη ακτινοβολία, που εκπέμπει η πύρινη σφαίρα. Λίγα δευτερόλεπτα μετά την έκρηξη η θερμοκρασία της πύρινης σφαίρας είναι τόσο μεγάλη (500.000° Κ, περίπου), ώστε η περισσότερη εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι υπεριώδης. Αυτή όμως απορροφάται από τον αέρα και παραμένει κοντά στον τόπο της έκρηξης. Όταν η σφαίρα με την ανοδική της πορεία μεγαλώνει και ψύχεται το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπει, μετατοπίζεται στην ορατή και την υπερέρυθρη περιοχή. Η υπερέρυθρη όμως και η ορατή ακτινοβολία διαδίδονται δια μέσου του αέρα. Δύο με τρία δευτερόλεπτα μετά την έκρηξη η έντασή τους είναι τόσο μεγάλη, ώστε μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιές σε διάφορα υλικά, όπως το ξύλο. Κάθε αδιαφανές υλικό μπορεί πρακτικά να προστατεύσει τον άνθρωπο από τα εγκαύματα που προκαλεί αυτή η ακτινοβολία.

Στη Χιροσίμα και στο Ναγκασάκι έχουν αναφερθεί παραδείγματα ανθρώπων που έπαθαν βαριά εγκαύματα στα ακάλυπτα μόνο μέρη του σώματός τους. Αντίθετα, σε όποια σημεία καλύπτονταν από ρούχα, οι ζημιές ήταν μικρές.

3.97 Μια ελάχιστη πρόσμειξη αποτελεί την αιτία εκκίνησης της ανάπτυξης του κρυστάλλου, επειδή χρησιμεύει ως πόλος έλξης των μορίων.

3.98 Η εξαγωνική συμμετρία των νιφάδων του χιονιού οφείλεται στους εξαγωνικούς χημικούς δεσμούς μεταξύ των μορίων του νερού, που συνιστούν τη νιφάδα. Μόλις σχηματιστεί ο πρώτος κρύσταλλος, μόρια του υδρατμού διαχέονται και συσσωρεύονται στις γωνιές του κρυστάλλου, για να ξεκινήσει η ανάπτυξη των κλάδων του προς τα έξω.

Η δημιουργία του ενός ή του άλλου σχήματος θα εξαρτηθεί από την ταχύτητα της πτώσης, τη θερμοκρασία και το πλήθος των μορίων του υδρατμού με άγνωστο όμως τρόπο. Επειδή ισχύουν πάντα οι νόμοι της συμμετρίας, όταν αναπτύσσονται οι κρύσταλλοι, οι συνθήκες που απαιτούνται για τη συσσώρευση μορίων και την ανάπτυξη των έξη κλάδων, πρέπει να είναι ίδιες σε όλη την έκταση του κρυστάλλου.

3.99 Λόγω τριχοειδούς φαινομένου το γάλα αναρριχάται ανάμεσα από τα δύο πολύ κοντινά μπισκότα. Έτσι η επιφανειακή του τάση έχει μια οριζόντια συνιστώσα, που αναγκάζει τα μπισκότα να πλησιάζουν το ένα προς το άλλο.

3.100 Το χώμα πρέπει να σκαλίζεται, διότι έτσι διατηρεί την υγρασία του. Ένα έδαφος πατημένο έχει πολυάριθμα μικρά ανοίγματα, που λειτουργούν ως τριχοειδή αγγεία. Όταν ανέρχεται το νερό μέσα απ' αυτά τα αγγεία και φτάνει στην επιφάνεια, χάνεται λόγω εξάτμισης. Το καλλιεργημένο έδαφος έχει μεγαλύτερα ανοίγματα, άρα λιγότερα τριχοειδή φαινόμενα.

3.101 Εάν καμπυλωθεί προς τα πάνω η επιφάνεια του υγρού, οι δυνάμεις συνάφειας μεταξύ των μορίων του υγρού και του δοχείου είναι μεγαλύτερες απ' αυτές που ασκούνται μεταξύ των μορίων του υγρού. Το αντίθετο συμβαίνει, όταν η επιφάνεια του υγρού, καμπυλώνεται προς τα κάτω. Η ίδια εξήγηση (των μοριακών δυνάμεων) ισχύει και στην περίπτωση της σταγόνας ενός υγρού που, όταν πέσει πάνω σε μια ορισμένη επιφάνεια, είτε διασκορπίζεται είτε διατηρεί το σχήμα της.

3.102 Η άνοδος των χυμών στο εσωτερικό των δέντρων δεν οφείλεται στην ατμοσφαιρική πίεση όπως νόμιζαν τον περασμέ-

νο αιώνα. Αποδίδεται σήμερα σε μια «αρνητική πίεση». Όταν λόγω εξάτμισης φεύγουν μόρια νερού από την επιφάνεια των φύλλων, άλλα μόρια νερού κινούνται για να καταλάβουν τη θέση τους· έτσι μέσω ισχυρών διαμοριακών δυνάμεων οδηγείται η στήλη του χυμού από τις ρίζες προς τα φύλλα.

3.103 Βλ. την απάντηση της 3.105.

3.104 Ο κύκλος της τήξης και της πήξης του πάγου είναι η αιτία που προωθεί προς τα πάνω τις πέτρες. Όταν παγώσει η επιφάνεια του εδάφους, η γραμμή πήξης κατέρχεται μέσα στο χώμα, έλκοντας προς τα πάνω μόρια υδρατμού. Όταν όμως φτάσει σε μια πέτρα, τη διασχίζει γρηγορότερα από ό,τι το χώμα που την περιβάλλει, λόγω της μεγαλύτερης θερμικής αγωγιμότητας της πέτρας. Το χώμα συνεπώς που βρίσκεται κάτω απ' αυτήν, θα παγώσει γρηγορότερα από το υπόλοιπο χώμα, που βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Αυτό σημαίνει ότι θα συγκεντρωθεί μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμού κάτω από την πέτρα, για να μεταβληθεί σε πάγο και κατά συνέπεια η πέτρα θα δεχτεί μια κατακόρυφη προς τα πάνω δύναμη λόγω της διαστολής του νερού κατά την πήξη του·

Αυτή μάλιστα η δύναμη θα είναι μεγαλύτερη απ' αυτήν που θα της ασκήσει το χώμα που την περιβάλλει. Όταν ξεπαγώσει το έδαφος, συγκεντρώνεται μαλακό χώμα κάτω από την πέτρα και τη συγκρατεί στη νέα της θέση. Μετά από πολλούς παρόμοιους κύκλους η πέτρα φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους.

3.105 Η διαστολή του πάγου, που βρίσκεται κάτω από το οδόστρωμα, είναι υπεύθυνη για το 11% «της ώθησης του πάγου». Η διαστολή αυτή αυξάνεται από την πήξη και τη διαστολή του νερού, που, ενώ αρχικά βρίσκεται σε βαθύτερα σημεία, μεταναστεύει μέσω των τριχοειδών σωλήνων του εδάφους προς τη ζώνη πήξης κάτω από το οδόστρωμα. Εάν το χώμα είναι «ανοιχτό» και όχι καλυμμένο, η κρυστάλλωση του πάγου, σπρώχνοντάς τον προς τα πάνω, θα δημιουργήσει κολονάκια πάγου ύψους 2 έως 5 εκατοστών πάνω από το έδαφος.

3.106 Λόγω τριχοειδούς φαινομένου το νερό ανέρχεται μέχρι ένα ορισμένο ύψος στο εσωτερικό του τοίχου. Όταν όμως αρχίσει εκεί να εξατμίζεται, παρατηρείται απόθεση αλάτων, τα οποία υποχρεώνουν το υπόλοιπο νερό να ανέβει πιο ψηλά λόγω οσμωτικής πίεσης. Το καλώδιο μειώνει την περιοχή του τοίχου με την υψηλή συγκέντρωση αλάτων, ώστε να περιορίσει το φαινόμενο της όσμωσης.

3.107 Η επιφανειακή τάση εξασφαλίζει τη συνοχή των φυσαλίδων του σαπουνιού. Επειδή το υγρό ρέει προς το κάτω μέρος της φυσαλίδας, η κορυφή της είναι λεπτότερη και έχει περισσότερες πιθανότητες να σπάσει. Η πίεση του αέρα στο εσωτερικό της φυσαλίδας είναι μεγαλύτερη απ' αυτήν του αέρα που την περιβάλλει, διότι μια συνιστώσα της επιφανειακής τάσης έχει φορά προς το κέντρο της φυσαλίδας, πράγμα που σημαίνει ότι ωθεί την επιφάνειά της προς τα μέσα.

3.108 Οι «ανάποδες» φυσαλίδες, που τις ονομάζουν και «αντιπομφόλυγες», δεν έχουν μελετηθεί λεπτομερειακά. Η επιφανειακή τάση συγκρατεί το νερό σε σχήμα σφαίρας· έτσι εμποδίζεται το υγρό που βρίσκεται στις δυο επιφάνειες, να διασχίσει το στρώμα αέρα που περικλείουν.

3.109 Εάν η φλόγα είναι πολύ μεγάλη, η τριχοειδής μεταφορά του λιωμένου κεριού στην κορυφή του φυτιλιού δεν είναι αρκετή για να την συντηρήσει· έτσι μικραίνει. Μόλις όμως μικρύνει η φλόγα, η εξάτμιση γύρω από το φυτίλι ελαττώνεται και η μεταφορά λιωμένου κεριού λόγω των τριχοειδών φαινομένων παρέχει περισσότερο καύσιμο απ' αυτό που χρειάζεται. Έτσι η φλόγα μεγαλώνει και πάλι. Όταν το φυτίλι έχει μήκος 2,5mm, οι ταλαντώσεις της φλόγας γίνονται μεταξύ των μηκών 1,5mm και 5mm περίπου. Όσο πιο μικρό είναι το μήκος του φυτιλιού, τόσο πιο μεγάλη είναι η συχνότητα των ταλαντώσεων, που παράγονται, διότι η απόσταση που διανύει το καύσιμο, είναι μικρότερη. Έτσι και η απόκριση είναι πιο γρήγορη στις μεταβολές της φλόγας.

3.110 Επειδή το πηλίκο της επιφάνειας των σωματιδίων προς τον όγκο τους, σε σύγκριση με το ίδιο πηλίκο, όταν η ύλη είναι συμπαγής, είναι πολύ μεγάλο, μια φλόγα ή ένας σπινθήρας μπορούν γρήγορα να φέρουν τα σωματίδια στη θερμοκρασία καύσης τους.

Ο διαθέσιμος αέρας οδηγεί γρήγορα στην εκρηκτική αντίδραση καύσης τους.

3.111 Το πλέγμα άγει γρήγορα τη θερμότητα της φλόγας μακριά

και εμποδίζει έτσι την επέκταση της φλόγας έξω απ' αυτό. Τα εύφλεκτα αέρια εισβάλλουν μέσα από το πλέγμα και φτάνουν στη φλόγα· ο όγκος τους όμως είναι μικρός και γι' αυτό και δεν παθαίνουν έκρηξη.

3.112 Όταν ξεραίνεται η λάσπη, συστέλλεται και δημιουργούνται τάσεις στην επιφάνειά της, που φτάνουν μέχρι ένα ορισμένο βάθος. Αυτές οι τάσεις προκαλούν τις ρωγμές του εδάφους. Η τομή των διευθύνσεων δύο ρωγμών θα έπρεπε να σχηματίζει ορθή γωνία, επειδή η δεύτερη ρωγμή που δημιουργείται, πρέπει να είναι κάθετη στη μέγιστη τάση της πρώτης ρωγμής.

3.113 Όμοια με τις ρωγμές της ξερής λάσπης (βλ. ερ. 3.112), οι ρωγμές του πάγου σχηματίζονται, όταν συστέλλεται το παγωμένο έδαφος κατά τη διάρκεια μιας ξαφνικής ψύξης.

3.114 Η ακριβής αιτία αυτών των πέτρινων σχηματισμών δεν είναι γνωστή, αν και υπάρχουν πολλές θεωρίες γι' αυτό το θέμα. Για παράδειγμα, η ανύψωση πετρών που οφείλεται στον πάγο (βλ. ε. 3.104), είναι πιθανό να οδηγήσει στην ομοιόμορφη κατανομή τους, οπότε και θα σχηματίσουν κύκλο. Μια κατάξερη πάλι επιφάνεια, «γεμάτη» πέτρες, μπορεί να απορροφήσει περισσότερο νερό από την περιοχή που την περιβάλλει· έτσι, όταν θα παγώσει και διασταλεί θα σπρώξει τις πέτρες προς τις άκρες, σχηματίζοντας κύκλο.

3.115 Το πρόβλημα αυτό είναι από τα πλέον αγαπητά στους σπουδαστές της Φυσικής· συνήθως όμως ξεχνούν μια σημαντική λεπτομέρεια: ένα βιολογικό σύστημα (εσείς, για παράδειγμα) δεν είναι ένα μεμονωμένο σύστημα, που βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία. Επειδή χρειάζεται να καταναλώνει συνεχώς ενέργεια για την επιβίωσή του. Η ροή ενέργειας μέσω του συστήματος είναι παράγοντας οργάνωσης του συστήματος· η εντροπία του συνεπώς μειώνεται. Η συνολική όμως εντροπία του σύμπαντος αυξάνει. Η μαθηματική ανάλυση για το φαινόμενο της μείωσης της εντροπίας ενός βιολογικού συστήματος είναι αντικείμενο ερευνών, που συνεχίζονται και σήμερα.

4

4.1 Η πίεση που ασκήθηκε στο δάχτυλο του παιδιού, εξαρτάται από το ειδικό βάρος του θαλάσσιου νερού και την απόσταση που υπήρχε μεταξύ της τρύπας και της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας. Η συνολική ποσότητα του νερού του ωκεανού δεν επηρεάζει την πίεση.

4.2 Όσο βαθύτερα καταδύεστε κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού, τόσο μεγαλύτερη υδροστατική πίεση δέχονται τα πνευμόνια σας. Σε βάθος ενός μέτρου περίπου, η πίεση είναι αρκετά μεγάλη και δεν επιτρέπει να εισπνέετε από το σωλήνα.

4.3 Για να είναι ομοιόμορφες οι μετρήσεις της πίεσης όλων των ανθρώπων, οι γιατροί έχουν συμφωνήσει να μετρούν την πίεση του αίματος στο ύψος της καρδιάς, διότι, αν τη μετρούσαν, για παράδειγμα, σε κάποιο σημείο του ποδιού, η πίεση θα εξαρτιώταν από το ύψος του κάθε ανθρώπου. Έτσι θα ήταν δύσκολες οι συγκρίσεις και τα συμπεράσματα.

4.4 Στην εσωτερική πλευρά της πύλης υπάρχει το γλυκό νερό των λιμνών που τροφοδοτούν τη διώρυγα, ενώ στην εξωτερική το αλμυρό νερό της θάλασσας. Όταν εξισώνεται η υδροστατική πίεση και στις δύο πλευρές της πύλης, οπότε και ανοίγει η πύλη, η στάθμη του γλυκού νερού είναι ψηλότερη απ' ό,τι του θαλασσινού, εξαιτίας του μεγαλύτερου ειδικού βάρους του δεύτερου. Έτσι, κατά το διάστημα που κινείται το γλυκό νερό και κατευθύνεται προς το θαλάσσιο, με σκοπό να εξισωθούν οι στάθμες τους, το πλοίο μπορεί να «γλιστρά» χωρίς προσπάθεια προς τη θάλασσα.

4.5 Η διαφορά στάθμης του νερού στα δύο άκρα της διώρυγας οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στη διαφορετική συγκέντρωση του αλατιού των δύο ωκεανών.

Το νερό του Ειρηνικού είναι περισσότερο αλμυρό απ' ό,τι του Ατλαντικού. Έτσι, η στάθμη του νερού στο άκρο εκείνο της διώρυγας που γειτονεύει με τον Ειρηνικό, εφόσον το νερό του έχει μεγαλύτερη πυκνότητα, είναι χαμηλότερη, αν συγκριθεί με το άλλο άκρο της διώρυγας, που βλέπει στον Ατλαντικό.

4.6 Η απάντηση είναι απλή αλλά λίγο αναπάντεχη. Η άνωση της κλεψύδρας είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις, επειδή δεν αλλάζει ο όγκος της. Όταν όμως αναποδογυρίσουμε το σωλήνα, η κλεψύδρα γέρνει και ακουμπά στην

πλευρά του. Έτσι η τριβή, εξαιτίας της επαφής σωλήνα - κλεψύδρας, δεν της επιτρέπει να ανέβει στο πάνω μέρος του.

4.7 Όταν η πέτρα βρίσκεται πάνω στη βάρκα, εκτοπίζει μια ποσότητα νερού, της οποίας το βάρος ισούται με το βάρος της πέτρας. Επειδή όμως, η πέτρα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα απ' ό,τι το νερό, ο όγκος του νερού που εκτοπίζει, είναι μεγαλύτερος από τον δικό της όγκο. Όταν η πέτρα βρεθεί στον πυθμένα της πισίνας, εκτοπίζει μια ποσότητα νερού, της οποίας ο όγκος είναι ακριβώς ίσος με τον δικό της. Στην περίπτωση αυτή, επομένως, η στάθμη του νερού της πισίνας είναι χαμηλότερη από πριν. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και στην περίπτωση που ανοίγεται μία τρύπα στον πυθμένα της βάρκας: η στάθμη του νερού παραμένει ίδια, έως ότου γεμίσει η βάρκα εντελώς νερό. Μετά το γέμισμα η στάθμη χαμηλώνει.

4.8 Αφού χύσετε νερό στο χωνί, θα γεμίσει η πρώτη σπείρα του σωλήνα και το υπόλοιπο νερό θα χυθεί στη δεύτερη σπείρα. Σύντομα γεμίζει και αυτή αλλά δημιουργείται μια κοιλότητα με εγκλωβισμένο αέρα στην κορυφή της πρώτης σπείρας. Τότε σταματά και η ροή του νερού, έως ότου ανέβει αρκετά η στάθμη νερού στο σωλήνα, κάτω από το χωνί, οπότε η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για την τρίτη σπείρα του σωλήνα. Εφόσον η στήλη νερού κάτω από το χωνί έχει περιορισμένο ύψος, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.8, είναι φανερό ότι δεν μπορεί να εξαλείψει τις κοιλότητες αέρα που θα δημιουργηθούν στις κορυφές μερικών σπειρών του σωλήνα, με αποτέλεσμα να διακοπεί εντελώς η ροή του νερού.

4.9 Το νερό μπορεί να περιοριστεί τόσο, ώστε να απομένει 1 εκατοστό ή και λιγότερο μεταξύ του πλοίου και των τοιχωμάτων της δεξαμενής. Η υδροστατική πίεση και η άνωση είναι ανεξάρτητες από την έκταση του νερού γύρω και κάτω από το πλοίο. Αν όμως γίνει ακόμη λεπτότερο το στρώμα του νερού, θα σκαρφαλώνει το νερό στα τοιχώματα λόγω τριχοειδούς φαινομένου.

4.10 Ένα υποβρύχιο μπορεί να καταδύεται, αναρροφώντας νερό και αυξάνοντας έτσι τη μάζα του.

Αντίθετα, όταν αποβάλλει το νερό αυτό, με τη βοήθεια συμπιεσμένου αέρα, μειώνει τη μάζα του και αναδύεται. Για να είναι ευσταθής η ισορροπία του υποβρυχίου, ενώ καταδύεται, πρέπει να αυξάνεται η πυκνότητα του νερού σε συνάρτηση με την απόσταση από την ελεύθερη επιφάνεια. Έτσι, αν μετακινηθεί το υποβρύχιο ελαφρά προς τα πάνω, η συνισταμένη δύναμη, με φορά προς τα κάτω, το επαναφέρει στο αρχικό του βάθος. Αντίθετα, αν μετακινηθεί λίγο προς τα κάτω, η συνισταμένη δύναμη, με φορά προς τα πάνω, το επαναφέρει στην προηγούμενη θέση του.

Η πυκνότητα του νερού είναι, βέβαια, αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας του και ανάλογη της συγκέντρωσής του σε αλάτι· και οι δυο αυτοί παράγοντες μειώνονται με το βάθος. Σε βάθη μεταξύ 25m και 200m τα υποβρύχια είναι δυνατό να συναντήσουν στρώματα νερού, στα οποία η θερμοκρασία μειώνεται τόσο ραγδαία με το βάθος, ώστε δεν αντισταθμίζει τη μείωση της αλμυρότητας, με αποτέλεσμα να ισχύει η συνθήκη που προαναφέρθηκε, και η ισορροπία τους να είναι ευσταθής.

4.11 Αν ο λόγος των πυκνοτήτων δοκού και υγρού είναι περίπου 1 ή 0, η δοκός επιπλέει με ευστάθεια, όπως φαίνεται στην πρώτη εικόνα. Εάν ο λόγος των πυκνοτήτων έχει τιμή μεταξύ 0 και 1, η δοκός επιπλέει με ευστάθεια έτσι ώστε οι επιφάνειές της να σχηματίζουν γωνίες 45° με την επιφάνεια του υγρού. Σε κάθε περίπτωση ο προσανατολισμός της δοκού και η θέση ευσταθούς ισορροπίας της είναι τέτοια, ώστε να είναι ελάχιστη η δυναμική ενέργεια του συστήματος.

4.12 Τα ψάρια χρησιμοποιούν τη νηκτική τους κύστη ώστε να παρουσιάζουν στο νερό αδιάφορη ισορροπία. έτσι ώστε να μην επιπλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας ή να μην βυθίζονται στον πυθμένα της. Υποθέστε, λοιπόν, ότι ένα ψάρι κινείται προς τα κάτω. Η αύξηση της υδροστατικής πίεσης θα έχει ως συνέπεια τη συμπίεση του αέρα της κύστης του. Το αποτέλεσμα θα ήταν να μικρύνει η άνωση, που δεχόταν, γεγονός που θα το υποχρέωνε να καταβάλλει συνεχείς προσπάθειες κολυμπώντας, για να μη πάει στον πάτο.

Αντίθετα με τα παραπάνω, το ψάρι «εκκρίνει» αέριο στη νηκτική του κύστη για να διατηρήσει τον όγκο της σχεδόν σταθερό. Έτσι, παρά την αυξημένη πίεση διατηρεί τον ίδιο όγκο και επομένως δέχεται την ίδια άνωση. Όταν πάλι ανεβαίνει, «απορροφά» ένα μέρος του αέριου της κύστης του, για να διατηρήσει πάλι την ίδια άνωση.

4.13 Δυο δυνάμεις συγκρατούν το χαρτόνι σ' αυτή τη θέση: η δύναμη που προκαλείται από την ατμοσφαιρική πίεση, και η δύναμη που προκαλείται από τη συνάφεια. Όταν αναποδογυρίζεται το ποτήρι, η στήλη του νερού κατεβαίνει λίγο, αναγκάζοντας τον αέρα που είναι εγκλωβισμένος στο ποτήρι, να ασκεί μικρότερη πίεση απ' ό,τι ο αέρας έξω από το ποτήρι. Η διαφορά πίεσης αυτή δημιουργεί μία δύναμη με φορά αντίθετη του βάρους του νερού. Μ' αυτόν τον τρόπο το συγκρατεί και δε χύνεται. Επιπρόσθετα δημιουργείται δύναμη, με φορά προς τα πάνω, εξαιτίας της συνάφειας νερού - χαρτονιού και νερού - ποτηριού.

4.14 Τα αέρια που παράγονται στο εσωτερικό του σώματος του πνιγμένου, το αναγκάζουν να αναδυθεί στην επιφάνεια του νερού.

4.15 Κάθε μικρή διαταραχή στην επιφάνεια του νερού, κάθε μικρό κύμα, αυξάνει πολύ γρήγορα το πλάτος του διότι η διάταξη είναι ασταθής. Έτσι δημιουργείται μια φυσαλίδα, η οποία κινείται προς την κορυφή του ποτηριού και αναγκάζει το νερό να χυθεί έξω από τα τοιχώματά του.

Η ταχύτητα ανόδου της φυσαλίδας και η ταχύτητα κατά συνέπεια, με την οποία αδειάζει το ποτήρι, εξαρτώνται από την τετραγωνική ρίζα της επιτάχυνσης βαρύτητας ($9{,}81 m/sec^2$) και την ακτίνα του πάνω μέρους της φυσαλίδας.

4.16 Η θερμοκρασία του νερού και η συγκέντρωση του αλατιού μειώνεται σε συνάρτηση με την απόσταση από την ελεύθερη επιφάνεια. Καθώς ανεβαίνει, λοιπόν, το κρύο και λιγότερο αλμυρό νερό του πυθμένα, θερμαίνεται από το νερό από το οποίο περιβάλλεται, με αποτέλεσμα να γίνεται ελαφρότερο και από το νερό της επιφάνειας. Αυτό συμβαίνει διότι μεταβάλλεται πολύ γρηγορότερα η θερμοκρασία του νερού κατά την άνοδό του απ' ό,τι μεταβάλλεται η συγκέντρωσή του σε αλάτι. Το νερό επομένως θα συνεχίσει να αναβλύζει μόνο του, ακόμη κι αν αφαιρέσουμε την αντλία.

4.17 Ο σχηματισμός των αιχμών οφείλεται στους ίδιους λόγους που αναφέραμε στην ερ. 4.16. Η αρχική κίνηση δημιουργείται από μικρές διαταραχές ή μικρά κύματα στην διαχωριστική επιφάνεια των δύο υγρών.

Το χρωματισμένο, αλμυρό νερό, πέφτοντας λίγο προς τα κάτω χάνει θερμότητα εξαιτίας του καθαρού νερού, που βρίσκεται από κάτω του. Γίνεται λοιπόν πυκνότερο από το καθαρό νερό και συνεχίζει έτσι την καθοδική του κίνηση μέσα σ' αυτό. Το καθαρό νερό με τη σειρά του, ανεβαίνοντας λίγο, εξαιτίας κάποιας διαταραχής, γίνεται θερμότερο, επομένως αραιότερο από το χρωματισμένο νερό από το οποίο και περιβάλλεται. Έτσι συνεχίζει την ανοδική του κίνηση μέσα απ' αυτό.

4.18 Η εξήγηση του φαινομένου είναι ανάλογη μ' αυτήν των ερ. 4.17 και 4.16

4.19 Η παροχή νερού (ο όγκος δηλαδή του νερού που περνά από μια φανταστική τομή της υδάτινης στήλης ανά δευτερόλεπτο) πρέπει να είναι σταθερή κατά μήκος της στήλης. Έτσι, όσο αυξάνεται η ταχύτητα του νερού εξαιτίας της πτώσης του, τόσο μικρότερη θα είναι η διατομή της στήλης που σχηματίζει.

4.20 Η μπάλα μένει μετέωρη εξατίας της δύναμης που αναπτύσσει η ροή του αέρα. Αποτέλεσμα της δύναμης αυτής είναι η εξισορρόπηση του βάρους της μπάλας. Πιο αναλυτικά, η πίεση του αέρα κάτω από την μπάλα είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι πάνω απ' αυτήν (υπερπίεση). Αυτό συμβαίνει, διότι πάνω από την μπάλα παρεκλίνει ένα μέρος από το ρεύμα του αέρα, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η πίεση σ' εκείνο το σημείο (υποπίεση). Δημιουργείται έτσι διαφορά πίεσης μεταξύ του πάνω και κάτω μέρους της μπάλας (Βλέπε και ερ. 4.25 για ανάλογη ελάττωση της πίεσης), με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται δύναμη στην μπάλα με φορά προς τα πάνω. Το ρεύμα αέρα, επίσης, είναι πιθανό να περιστρέφει την μπάλα. Έτσι, σύμφωνα με το φαινόμενο Magnus, ένα μέρος της δυναμικής άνωσης που ασκείται στην μπάλα, θα συμβάλει στην ανυψωτική δύναμη. Μια αναμενόμενη, λανθασμένη όμως, απάντηση είναι αυτή, κατά την οποία η ανυψωτική δύναμη οφείλεται στη μείωση της πίεσης του ελεύθερου ρεύματος αέρα, εξαιτίας της κίνησής του (και όχι εξαιτίας της παρέκκλισής του από την μπάλα). Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από λανθασμένη εφαρμογή του νόμου Bernoulli. Η κινητική ενέργεια του ρεύματος του αέρα προέρχεται από το μηχανικό έργο της ηλεκτρικής σκούπας και όχι από τη μείωση της πίεσής του. Η πίεση του ελεύθερου ρεύματος του αέρα είναι ίση ακριβώς με την ατμοσφαιρική.

4.21 Η μπαλίτσα μπορεί και αιωρείται εξαιτίας της δύναμης που δημιουργεί η διαφορά πίεσης του ρεύματος του αέρα πάνω και κάτω απ' αυτήν. (βλ. ερ. 4.20)

Ο αέρας που φυσάμε στον μικρό πλευρικό σωλήνα, εισέρχεται στον δεύτερο σωλήνα, δημιουργώντας ρεύμα από την πάνω προς την κάτω άκρη του. Όταν, λοιπόν, εισχωρεί η μπαλίτσα από την πάνω άκρη του σωλήνα, γλιστρά μέσα του, επειδή παρασύρεται από το ρεύμα του αέρα, και επανέρχεται με τη διαδικασία αυτή στην αρχική της θέση.

4.22 Η μπάλα στηρίζεται και αποκτά ευστάθεια, εξαιτίας της πρόσκρουσής της στο νερό. Τον περισσότερο χρόνο το κέντρο της μπάλας δε βρίσκεται πάνω στον κύριο άξονα του πίδακα, οι δε δυνάμεις της πρόσκρουσης περιστρέφουν την μπάλα με ορισμένη φορά. Τότε μια μικρή ποσότητα νερού που προσκολλάται στην επιφάνεια της μπάλας, περιστρέφεται μαζί της για μισό περίπου κύκλο και τινάζεται μακριά της με μορφή σταγόνων. Συνέπεια αυτού είναι να κινείται η μπάλα προς την αντίθετη κατεύθυνση (αυτό αποτελεί με άλλα λόγια, αποτέλεσμα μιας δύναμης αντίδρασης πάνω στην μπάλα), επιστρέφει επομένως στο κέντρο του πίδακα. Η διαδικασία αυτή μπορεί να υφίσταται, ακόμη κι αν κάποια στιγμή το κέντρο της μπάλας βγει ελάχιστα έξω από το ρεύμα του πίδακα.

4.23 Αν εξαιρέσουμε τη δημοσίευση της περιγραφής και μόνο του φαινόμενου, δεν υπάρχει δυστυχώς κάποια δημοσίευση για την ερμηνεία του. Γιατί, λοιπόν, δεν πειραματίζεστε μόνοι σας; Πόση είναι ακριβώς η πίεση πάνω και κάτω από το αυγό; Είναι τυρβώδης η ροή του νερού; Υποθέστε ότι ένα αυγό ισορροπεί μέσα σε ακίνητο νερό και ότι πέφτει πάνω του ένα στενό, οριζόντιο ρεύμα νερού. Θα κινηθεί το αυγό αντίθετα προς τη φορά της κίνησης του ρεύματος ή με την ίδια φορά;

4.24 Το οριακό στρώμα του ρεύματος του νερού, πού βρίσκεται πλησιέστερα στο κουτάλι, αναπτύσσει μια λεπτή δίνη και παρουσιάζει έτσι ελαττωμένη πίεση. Στην αντίθετη πλευρά του κουταλιού η πίεση είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Το κουτάλι παίρνει τη θέση που φαίνεται στην εικ. 4.24, εξαιτίας της διαφορετικής πίεσης που δέχεται σε κάθε πλευρά του (το φαινόμενο ονομάζεται φαινόμενο Coanda).

Η απόκλιση της στήλης του νερού στην άκρη του κουταλιού ερμηνεύεται σύμφωνα με το «φαινόμενο της τσαγιέρας» της ερ. 4.116.

4.25 Το ρεύμα αέρα μειώνει την πίεση στο επάνω στόμιο του σωλήνα. Η ελεύθερη επιφάνεια του νερού βρίσκεται υπό πίεση, ίση με την ατμοσφαιρική. Αυτή η διαφορά πίεσης αναγκάζει το νερό να ανέρχεται μέσα στο σωλήνα. Η ερώτηση τώρα είναι γιατί μειώνει το ρεύμα αέρα την πίεση στο επάνω στόμιο του σωλήνα. Μια λανθασμένη απάντηση είναι αυτή, κατά την οποία αποδίδεται η χαμηλή πίεση στο ίδιο το ελεύθερο ρεύμα αέρα. Όμως, όπως αναφέρθηκε στην απάντηση της ερ. 4.20, το ελεύθερο ρεύμα έχει πίεση ίση με την ατμοσφαιρική. Η σωστή απάντηση είναι ότι το ρεύμα αέρα παρουσιάζει ελαττωμένη πίεση στο στόμιο του σωλήνα (υποπίεση) λόγω της παρέκκλισής του πάνω απ' αυτόν. Δυο παράγοντες πρέπει να εξεταστούν. Ένα μέρος του αέρα υποχρεώνεται να περάσει πάνω από το στόμιο του σωλήνα. Ο αέρας του παρεκκλίνοντος ρεύματος, που βρίσκεται κοντά στο στόμιο του σωλήνα, μετακινείται γρηγορότερα και έχει ελαττωμένη πίεση. Εάν η ροή είναι τυρβώδης, πράγμα που είναι και πιθανό, αναπτύσσονται δίνες στο ρεύμα αέρα πάνω από το στόμιο του σωλήνα, οι οποίες μειώνουν επιπλέον την πίεση σ' αυτήν τη θέση. Και στις δυο περιπτώσεις η πίεση στη θέση του στόμιου είναι μειωμένη.

4.26 Όταν κινείται μια υπερταχεία αμαξοστοιχία, παράγει αυξημένη πίεση ακριβώς μπροστά της (υπερπίεση) και ελαττωμένη πίεση πίσω της (υποπίεση). Όταν συναντιώνται δυο αμαξοστοιχίες, η περιοχή χαμηλής πίεσης που δημιουργείται ανάμεσα τους, μπορεί να σπάσει τα τζάμια και να τα εκσφενδονίσει έξω από τα τραίνα.

4.27 Καθώς παρεκκλίνει ο αέρας πάνω από τις κωνικές κατασκευές, μειώνεται η πίεση στην κορυφή τους. (βλ. ερ. 4.25). Έτσι καταφέρνει να βγαίνει ο αέρας από το στέλεχος των εξαεριστήρων και από τα αναχώματα των σηράγγων των αρουραίων.

4.28 Η επιτάχυνση του αέρα, που περνά πάνω από το μπροστινό μέρος του αυτοκίνητου, είναι τόσο μεγάλη, ώστε τα έντομα σκάζουν από τη δύναμη, που δέχονται.

4.29 Φανταστείτε μια σημαία

ανοιγμένη διάπλατα και τεντωμένη, όταν φυσά δυνατός άνεμος. Μια μικρή διαταραχή είναι δυνατό να δημιουργήσει κάποια ρυτίδα στη μια πλευρά της σημαίας. Το ρεύμα του αέρα αυξάνει την ταχύτητά του, καθώς παρεκκλίνει πάνω από το ρυτίδωμα. Αυτό, όμως, σημαίνει ότι η πίεση του αέρα είναι ελαττωμένη σ' αυτήν την πλευρά της σημαίας (υποπίεση), ενώ στην άλλη πλευρά είναι κανονική, ίση δηλαδή με την ατμοσφαιρική. Αυτή η διαφορά πίεσης ενισχύει το ρυτίδωμα της σημαίας. Το ρυτίδωμα μπορεί ακόμη να μετατοπίζεται πάνω στη σημαία κατά τη διεύθυνση του ανέμου, γεγονός το οποίο προκαλεί τον κυματισμό της σημαίας.

4.30 Το φτερό έκλινε προς τα κάτω· αναπτυσσόταν επομένως σ' αυτό μια δύναμη με καθοδική φορά, η οποία ενίσχυε την πρόσφυση των λάστιχων του αυτοκινήτου στο δρόμο. Το γεγονός αυτό επέτρεπε στο αυτοκίνητο να «παίρνει τις στροφές» με μεγαλύτερη ταχύτητα. Η δύναμη που αναπτυσσόταν στο φτερό εξαιτίας του αεροδυναμικού του σχήματος, είναι ίδια μ' αυτήν που αναπτύσσεται στο φτερό ενός αεροπλάνου (βλ. ερ. 4.31) αλλά με φορά προς τα κάτω και όχι προς τα πάνω.

Τα αυτοκίνητα που διαθέτουν ανεμιστήρες στο πίσω μέρος τους, δέχονται παρομοίως μια κατακόρυφη δύναμη με φορά προς τα κάτω. Η δύναμη αυτή αυξάνει την πρόσφυσή τους στο δρόμο. Το ρεύμα του αέρα που περνά κάτω από το αυτοκίνητο, αυξάνει την ταχύτητά του, διότι διέρχεται μέσα από ένα περιορισμένο άνοιγμα. Σύμφωνα λοιπόν με την αρχή του Bernoulli η πίεση του αέρα κάτω από το αυτοκίνητο είναι ελαττωμένη (υποπίεση). Αυτή η διαφορά πίεσης μεταξύ πάνω και κάτω μέρους του αυτοκινήτου δημιουργεί τη δύναμη που προαναφέρθηκε. Έτσι το βάρος του αυτοκινήτου αυξάνεται φαινομενικά κατά 50%

4.31 Ο αέρας που περνά πάνω από το φτερό, κινείται ταχύτερα από τον αέρα που περνά από κάτω. Η πίεση επομένως πάνω από το φτερό είναι μικρότερη (υποπίεση) από την πίεση που ασκείται κάτω από το φτερό (υπερπίεση). Αποτέλεσμα αυτής της διαφοράς πίεσης είναι μια κατακόρυφη δύναμη με φορά προς τα πάνω, η οποία καλείται δυναμική άνωση. Εάν εφαρμόζεται ή όχι η αρχή Bernoulli για τον υπολογισμό της ανυψωτικής δύναμης, δε φαίνεται ξεκάθαρα στις διάφορες επιστημονικές αναφορές. Η αρχή του Bernoulli ισοδυναμεί με την αρχή διατήρησης της ενέργειας (συγκεκριμένα, με το άθροισμα κινητικής ενέργειας, δυναμικής και ενέργειας που προέρχεται από πίεση) κατά μήκος μιας φλέβας του ρεύματος του αέρα.

Επειδή, όμως, η ροή του αέρα γύρω από το φτερό επηρεάζεται από δυνάμεις συνάφειας και εσωτερικής τριβής, οι οποίες καταναλώνουν ενέργεια, η αρχή του Bernoulli δεν μπορεί να εφαρμοστεί. Θα μπορούσε πάντως να εφαρμοστεί, αν αντιστοιχίσουμε στη ροή του πραγματικού ρευστού (που χαρακτηρίζεται από τη συνάφεια και την εσωτερική τριβή) την επαλληλία δυο ροών ιδανικού ρευστού: μιας κυκλικής ροής γύρω από το φτερό (από πίσω προς τα μπροστά στην κάτω πλευρά του κι από μπροστά προς τα πίσω στην πάνω πλευρά του) και μιας αστρόβιλης ροής κατά μήκος του φτερού (από μπροστά προς τα πίσω). Όπως αναφέρεται και στην εργασία των Kutta και Joukowsky στην πάνω πλευρά του φτερού η συνολική ταχύτητα του ιδανικού ρευστού ισούται με το άθροισμα των ταχυτήτων του ρευστού στις δυο επιμέρους ροές, ενώ στην κάτω πλευρά του με τη διαφορά τους. Έτσι, σύμφωνα με την αρχή του Bernoulli στο πάνω μέρος του φτερού υπάρχει υποπίεση (δηλαδή πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής), ενώ στο κάτω μέρος του φτερού υπερπίεση (δηλαδή πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής). Το γεγονός αυτό δικαιολογεί τη δυναμική άνωση.

Η εφαρμογή της αρχής του Bernoulli με τον παραπάνω τρόπο είναι μεγαλοφυής στην περίπτωση του φτερού.

Η δυναμική άνωση στην εργασία των Kutta και Joukowsky υπολογίζεται από τη μεταβολή της ορμής του ρεύματος αέρα που είχε μπροστά, και της ορμής που είχε πίσω από το φτερό (η διεύθυνση του αέρα πίσω από το φτερό δεν είναι οριζόντια αλλά έχει κλίση προς τα κάτω).

Σύμφωνα με το νόμο δράσης - αντίδρασης του Νεύτωνα, το φτερό ασκεί στο ρεύμα αέρα μια δύναμη ίση και αντίθετη με τη δυναμική άνωση (γι' αυτό από την οριζόντια διεύθυνση που είχε μπροστά από το φτερό το ρεύμα αέρα, εκτρέπεται προς τα κάτω στο πίσω μέρος του). Σε μερικές δημοσιεύσεις, οι οποίες πραγματεύονται το θέμα της δυναμικής άνωσης στο φτερό του αεροπλάνου, το ρεύμα του αέρα παρουσιάζεται να διατηρεί πίσω από το φτερό την αρχική οριζόντια διεύθυνσή του, εσφαλμένα βέβαια.

4.32 Ενώ προσπαθεί ο πιλότος να επαναφέρει το αεροπλάνο στο αρχικό του ύψος, το βάρος του αεροπλάνου αυξάνεται φαινομενικά, επειδή υπάρχει φυγόκεντρη επιτάχυνση της κυκλικής τροχιάς του. Η δυναμική άνωση, ανεπαρκής προηγουμένως, πρέπει τώρα να γίνει μεγαλύτερη εξαιτίας της φαινομενικής αύξησης του βάρους. Για να αυξηθεί το μέτρο της δυναμικής άνωσης, η ταχύτητα του αεροπλάνου πρέπει να γίνει μεγαλύτερη από τη συνήθη ταχύτητα πτήσης (το μέτρο της δυναμικής άνωσης είναι ανάλογο με το τετράγωνο της ταχύτητας).

4.33 Η ροή του ανέμου γύρω από το πανί αναπτύσσει οριζόντια, δυναμική «άνωση» πάνω του, κάθετη προς την κυρτή επιφάνεια. (βλ. ερ. 4.31). Η δύναμη αυτή γίνεται περισσότερο «δραστική», με αποτέλεσμα να δίνει στη βάρκα, τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα, όταν αυτή πλέει υπό γωνία 90^o σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου.

4.34 Κανονικά, το frisbee πετάει στον αέρα με ανασηκωμένη την μπροστινή του άκρη. Με τον τρόπο αυτό αναπτύσσεται πάνω του ανυψωτική δύναμη, όπως γίνεται και στα φτερά των αεροπλάνων (βλ. ερ. 4.31). Ο προσανατολισμός επιπρόσθετα του frisbee κατά κάποιον τρόπο σταθεροποιείται από την περιστροφή του, όπως ακριβώς συμβαίνει σ' ένα γυροσκόπιο, όταν περιστρέφεται.

4.35 Υπάρχουν δυο τρόποι για να πετούν οι άνθρωποι με τη βοήθεια της μυϊκής τους δύναμης. Σύμφωνα με τον πρώτο τρόπο, την ενέργεια για την κίνηση την προσφέρει ο ίδιος ο άνθρωπος, παράγοντας μηχανικό έργο με τα χέρια του. Σύμφωνα με το δεύτερο τρόπο, ο άνθρωπος (ευτυχώς ή δυστυχώς) πηδά από ένα ψηλό κτίριο, κουνώντας τα χέρια του, πάνω στα οποία έχουν προσδεθεί φτερά. Η πτήση με το δεύτερο τρόπο είναι απίθανο να υπερβεί με επιτυχία τα 4 με 6 μέτρα (και η προσγείωση είναι μάλλον απίθανο να ξεχαστεί εύκολα!). Αντίθετα, οι πολύ ελαφρές κατασκευές «αεροπλάνων», στις οποίες ένας ή δύο άνθρωποι «κωπηλατούν» στον αέρα, ώστε να προωθείται το αεροπλάνο, φαίνονται ελπιδοφόρες. Η πρώτη τέτοια πτήση έγινε το 1961 και ξεπέρασε τα 45 μέτρα. Πολυάριθμα τέτοια μοντέλα έχουν κατασκευαστεί από τότε. Το άνοιγμα των φτερών, για παράδειγμα, κυμαίνεται από 18 έως 36 μέτρα. Κύριο στόχο των κατασκευών αυτών αποτελεί η μείωση της αναγκαίας ενέργειας για την ανύψωσή τους. Σήμερα, είναι προφανές ότι ακόμη και ένας καλός αθλητής αδυνατεί να προσφέρει ισχύ για την πτήση ενός αεροπλάνου σε απόσταση μεγαλύτερη των 90 μέτρων. Τα αεροπλάνα άθλησης πάντως, με το κατάλληλο σχήμα φτερών και άνοιγμα 15 μέτρων μπορούν να καταφέρουν μακρύτερες πτήσεις, αν βοηθηθούν από ανέμους και θερμικά ρεύματα αέρα. Το σκάφος, λοιπόν, χρειάζεται να προωθείται από τη μυϊκή προσπάθεια ενός ή δύο ατόμων μόνο μέχρι να σηκωθεί σ' ένα ορισμένο ύψος, το οποίο θα του επιτρέψει στη συνέχεια να συμπεριφέρεται σαν ανεμόπτερο (βλ. ερ. 4.96).

4.36 Εξαιτίας της περιστροφής της η μπάλα του γκολφ δέχεται δυναμική άνωση σύμφωνα με το φαινόμενο Magnus.

4.37 Οι κύλινδροι εξαιτίας της περιστροφής τους στο ρεύμα του αέρα, δέχονται οριζόντιες δυναμικές «ανώσεις» σύμφωνα με το φαινόμενο Magnus. Κατάλληλος προσανατολισμός του πλοίου έχει ως αποτέλεσμα να κινείται αυτό προς τα μπρος.

4.38 Το ρεύμα αέρα, που προσκρούει στο κτίριο, αναγκάζεται να διέλθει από το άνοιγμα του ισόγειου και να αποκτήσει τόση ταχύτητα.

4.39 Κατακόρυφες δυνάμεις διεγείρουν αρχικά κύματα μικρού πλάτους. Ο αέρας περνώντας πάνω απ' αυτά, εξαναγκάζεται σε κυματοειδή κίνηση, καθώς γλιστρά, διαδοχικά πάνω στα όρη και τις κοιλάδες των κυμάτων. Στα όρη η ταχύτητα του αέρα είναι μεγαλύτερη, επομένως η πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής. Το ακριβώς αντίθετο θα ήταν αληθινό για τις κοιλάδες, αν το ρευστό εθεωρείτο ιδανικό. Στην περίπτωση αυτή, όμως, που η πίεση θα ήταν υψηλή στα όρη και χαμηλή στις κοιλάδες, δε θα μεταφερόταν ενέργεια από τον αέρα στα κύματα του νερού και επομένως δε θα μεγάλωνε το πλάτος τους. Το ρευστό όμως είναι πραγματικό, οπότε ο αέρας ανακυκλώνεται, με φορά αντίθετη απ' αυτήν που κινείται το ρεύμα αέρα στον «πυθμένα» της κοιλάδας, με αποτέλεσμα να μετατοπίζει το σημείο μέγιστης πίεσης πλησιέστερα προς το προηγούμενο όρος. Έτσι οι μεταβολές της πίεσης δε βρίσκονται ακριβώς σε συμφωνία φάσης με τα κύματα του νερού και επομένως μεταφέρεται συνολικά ενέργεια από τον αέρα στο

νερό. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται το πλάτος των κυμάτων.

4.40 Τα τεράστια «φουσκώματα» του ωκεανού είναι αποτέλεσμα της συμπτωματικής συμβολής πολλών μικρών κυμάτων σε φάση. Δεν είναι γιγάντια κύματα, που διασχίζουν τον ωκεανό. Γι' αυτό και εξαφανίζονται μετά το «ξεφούσκωμά» τους τα επιμέρους μικρά κύματα, κινούμενα προς διάφορες κατευθύνσεις με ελαφρά διαφορετικές ταχύτητες.

4.41 Ο αέρας, που κινείται πάνω από το νερό με ταχύτητα 5m/sec, δημιουργεί στροβιλισμούς στην επιφάνειά του, οι οποίοι με τη σειρά τους παράγουν φυσαλίδες. Μεγάλος αριθμός τέτοιων φυσαλίδων αποτελεί το άφρισμα. Η ομαδική ταχύτητα των κυμάτων του ωκεανού είναι περίπου η μισή της φασικής ταχύτητας. Αυτό σημαίνει ότι τα ξεχωριστά κύματα σχηματίζονται στο πίσω μέρος μιας ομάδας κυμάτων, κινούνται προς τα μπρος με διπλάσια περίπου ταχύτητα απ' αυτήν και στη συνέχεια, όταν την ξεπεράσουν χάνονται στο μπροστινό μέρος της. Το μέγιστο πλάτος παρατηρείται στο κέντρο της ομάδας. Κάθε ξεχωριστό κύμα επομένως περνά με τη σειρά του από τη θέση του μέγιστου αυτού πλάτους. Αν το πλάτος του κύματος είναι μεγαλύτερο από μια ορισμένη κρίσιμη τιμή, «σπάζει», αναδιπλώνεται και ακολούθως αφρίζει. Δημιουργείται λοιπόν άφρισμα, όταν ένα ξεχωριστό κύμα, κινούμενο από το πίσω προς το μπροστινό μέρος της ομάδας, διέρχεται από το κέντρο της. Το άφρισμα συνεπώς, εμφανίζεται περιοδικά στην μπροστινή πλευρά κάθε κύματος.

4.42 Ένα πλοίο που κινείται αργά, παράγει κύματα με την πλώρη του, μικρού σχετικά μήκους κύματος. Ανά πάσα στιγμή μερικά απ' αυτά τέμνουν τις πλευρές του πλοίου. Όσο το πλοίο αυξάνει την ταχύτητά του, το μήκος κύματος των κυμάτων που παράγει η πλώρη, αυξάνεται. Όταν μάλιστα το μήκος κύματος αυτών εξισωθεί με το μήκος του πλοίου, τότε το κύμα που παράγεται από την πλώρη, ενισχύει το κύμα στην πρύμνη και το πλοίο ουσιαστικά «παγιδεύεται» μεταξύ δύο κορυφών κυμάτων, μιας στην πρύμνη του και μιας στην πλώρη του. Για ακόμη μεγαλύτερες ταχύτητες η αντίσταση από τα κύματα αυξάνεται σημαντικά, οπότε απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς από το πλοίο. Το «ιπτάμενο δελφίνι» αποφεύγει αυτό το πρόβλημα, διότι το σκάφος ανασηκώνεται πάνω από το νερό. Τα άκρα στήριξης που βρίσκονται μέσα στο νερό δρουν όπως οι αεροτομές στα αεροπλάνα: το ρεύμα νερού, που παρεκκλίνει πάνω από τα άκρα στήριξης, του προσδίδει ανυψωτική δύναμη (βλ. ερ. 4.31).

4.43 Υπάρχουν δυο είδη κυμάτων, που μπορούν να αναπτυχθούν στην επιφάνεια του νερού: κύματα επιφανειακής τάσης και κύματα βαρύτητας. Μεγαλύτερο μήκος κύματος έχουν τα κύματα βαρύτητας. Κανένα από τα είδη αυτά δεν μπορεί να διαδοθεί με ταχύτητα μικρότερη των 0,23m/sec. Αν το σκαθάρι γλιστρά με μικρότερη απ' αυτήν την ταχύτητα, δε σχηματίζεται κανένα κύμα στην επιφάνεια του νερού.

Αν γλιστρά με μεγαλύτερη ταχύτητα, σχηματίζονται και τα δύο είδη κυμάτων. Τα κύματα επιφανειακής τάσης έχουν ομαδική ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητά διάδοσης του κύματος· τα κύματα επομένως του είδους αυτού, βρίσκονται μπροστά από το σκαθάρι. Τα κύματα βαρύτητας έχουν ομαδική ταχύτητα μικρότερη από την ταχύτητα διάδοσης του κύματος· βρίσκονται επομένως πίσω από το σκαθάρι. Εμφανή είναι μόνο τα κύματα επιφανειακής τάσης· είναι δυνατό πάντως να δείτε και τα κύματα βαρύτητας, αν τα παρατηρήσετε με ιδιαίτερη προσοχή.

4.44 Εάν προκαλούσε το πλοίο κύματα ενός μόνο μήκους κύματος, η γωνία που θα σχημάτιζαν τα απόνερά του, θα βρισκόταν από τη σχέση ημθ=c/v που χρησιμοποιήσαμε για τη γωνία του κρουστικού κύματος, που δημιουργεί ένα υπερηχητικό αεροπλάνο, όπου c είναι η ταχύτητα διάδοσης του ήχου και v η ταχύτητα του αεροπλάνου. Το πλοίο όμως παράγει κύματα, των οποίων το μήκος κύματος κυμαίνεται σε μια μεγάλη περιοχή τιμών. Έτσι, σε κάθε θέση του θα παράγει κύματα που θα διαδίδονται με διαφορετικές ταχύτητες (γρηγορότερα διαδίδονται αυτά, που έχουν μεγαλύτερο μήκος κύματος) και προς όλες τις διευθύνσεις. Τα κύματα όμως αυτά, συμβάλλουν και αλληλοαναιρούνται σ' όλη την άλλη περιοχή εκτός από την περιφέρεια ενός κύκλου, ο οποίος «απλώνει», καθώς το πλοίο μετακινείται. Έτσι το πλοίο κατά την μετακίνησή του αφήνει μια σειρά από τέτοιους κύκλους, που σχηματίζονται, όπως προαναφέρθηκε, από συμβολή των κυμάτων σε φάση· εξαιτίας του γεγονότος μάλιστα ότι «απλώνουν», οι πιο μακρινοί είναι μεγαλύτεροι από τους πιο κοντινούς.

Οι κύκλοι αυτοί σχηματίζουν την περιοχή σχήματος V της εικόνας, έτσι που η γωνία της να είναι ανεξάρτητη της ταχύτητας του πλοίου. Θεωρήστε γι' αυτό ένα οποιοδήποτε σημείο της διχοτόμου της γωνίας της περιοχής σχήματος V. Η απόστασή του από το πλοίο είναι πάντα τριπλάσια της απόστασής του από τις πλευρές της γωνίας (που δεν είναι παρά οι εξωτερικές εφαπτόμενες των διαστελλομένων κύκλων, που προαναφέραμε). Το ημίτονο συνεπώς της γωνίας και η ίδια η γωνία έχουν σταθερή τιμή. Στο εσωτερικό της περιοχής των απόνερων σχήματος V οι διαστελλόμενοι κύκλοι παράγουν τους σχηματισμούς, που φαίνονται στην εικόνα.

4.45 Μέχρι σήμερα δεν έχει δημοσιευθεί δυστυχώς καμιά θεμελιωμένη ερμηνεία του φαινομένου. Οι πρόσφατες μελέτες διατυπώνουν την υπόθεση ότι αυτά τα ιδιόμορφα κύματα μπορεί να προκαλούνται αρχικά από τις μη διαδιδόμενες ταλαντώσεις κοντά στον ταλαντωτή παρά από τα διαδιδόμενα κύματα στην πισίνα.

4.46 Η ταχύτητα των κυμάτων εξαρτάται από το βάθος του νερού· όσο πιο ρηχά είναι τα νερά, τόσο πιο αργά κινούνται τα κύματα. Όταν, λοιπόν, το μέτωπο κύματος πλησιάζει υπό γωνία την παραλία, τα σημεία του που είναι πλησιέστερα σ' αυτήν, κινούνται με μικρότερη ταχύτητα απ' αυτά που είναι μακρύτερα. Έτσι, προοδευτικά το μέτωπο κύματος ακολουθεί το σχήμα της παραλίας (ή τουλάχιστον ένα σχήμα, που προδίδει τη διακύμανση του βάθους των νερών κοντά στην παραλία) και συνεχίζει να κινείται προς αυτήν.

4.47 Το μπροστινό μέρος του «κανό» έχει μια κλίση προς τα πάνω (όταν ο αναβάτης παίρνει τη χαρακτηριστική στάση του surfing, κλίνοντας το σώμα του λίγο προς τα πίσω) και το νερό αναγκάζεται να περάσει κάτω απ' αυτό. Αν γλιστρά το «κανό» αρκετά γρήγορα, τότε περνά, πριν σπρωχτεί το νερό προς τις άκρες του. Για παράδειγμα, αν το βάθος του νερού είναι 3 εκατοστά, τα κύματα στην επιφάνειά του θα κινούνται με ταχύτητα 0,5m/sec. Έτσι, αν το «κανό» γλιστρά με ταχύτητα μεγαλύτερη απ' αυτήν, το νερό από κάτω του ανανεώνεται συνεχώς, με αποτέλεσμα το κανό να μη βυθίζεται. Η δύναμη που στηρίζει τον αναβάτη δεν είναι συνεπώς η άνωση αλλά η δύναμη κρούσης με το νερό.

4.48 Για να αναρριχηθεί στα κύματα ο αναβάτης, πρέπει να κινείται με την ταχύτητα των κυμάτων. Στα βαθιά νερά η ταχύτητα του κύματος είναι κανονικά μεγαλύτερη από την ταχύτητα μετατόπισης των σωμάτων, που βρίσκονται στην επιφάνεια του νερού, από την οποία περνά το κύμα. Όταν κοντεύει να «σπάσει» το κύμα, το νερό και τα σώματα στην επιφάνειά του έχουν περίπου την ίδια ταχύτητα με το κύμα. Έτσι ο αναβάτης χρειάζεται λίγο μεγαλύτερη ταχύτητα για να «κρατηθεί» πάνω στο κύμα. Η πρόσθετη ταχύτητα προκύπτει από τη συνεχή πτώση του αναβάτη, καθώς γλιστρά στην πλευρά του κύματος. Για να κάνετε επομένως surfing, πρέπει να διαλέξετε μια παραλία, στην οποία τα κύματα να «σπάζουν» ή «σχεδόν να σπάζουν». Η ταχύτητα του κύματος αποκτά το μέγιστο μέγεθός της, στην κορυφή του κύματος. Έτσι η ταχύτητα στο πίσω μέρος του «κανό» θα είναι μικρότερη απ' ό,τι στο μπροστινό μέρος, γεγονός που του προκαλεί αστάθεια. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι όσο κοντότερο είναι το «κανό» τόσο λιγότερα προβλήματα θα παρουσιάζει εξαιτίας της διαφοράς ταχύτητας στα άκρα του.

4.49 Η πλώρη του πλοίου, καθώς αυτό κινείται, δημιουργεί μια περιοχή αυξημένης πίεσης στο μπροστινό του μέρος.

Τα δελφίνια στέκονται στο σημείο που βρίσκεται ανάμεσα σ' αυτή την περιοχή και σ' εκείνην που βρίσκεται μπροστά της και έχει κανονική πίεση.

4.50 Οι παλίρροιες δεν οφείλονται στην ακτινική έλξη της σελήνης ή του ηλίου στο νερό της γης αλλά στις οριζόντιες συνιστώσες τους, οι οποίες συγκεντρώνουν το νερό σε μεγάλους όγκους. Επειδή οι οριζόντιες συνιστώσες αυτών των βαρυτικών δυνάμεων είναι ελάχιστες στα σημεία τομής της επιφάνειας της γης με τη διάκεντρο γης — σελήνης ή γης — ηλίου, η ανυψωση του νερού δημιουργείται σ' αυτά τα σημεία. Εάν περιστρεφόταν η σελήνη γύρω από τη γη, παραμένοντας διαρκώς πάνω από τον ισημερινό της, δε θα υπήρχαν ημερήσιες παλίρροιες. Η κίνηση όμως της σελήνης δε γίνεται συνεχώς πάνω στο ισημερινό επίπεδο της γης και έτσι μερικές περιοχές μικρού γεωγραφικού πλάτους μπορεί να έχουν μία κύρια ημερήσια παλίρροια.

4.51 Η δύναμη, που δημιουργεί τις παλίρροιες (παλιρροιογόνος δύναμη) είναι αντιστρόφως ανάλογη της τρίτης δύναμης της

απόστασης της γης από τον ήλιο ή τη σελήνη. Η επίδραση επομένως της σελήνης στο φαινόμενο της παλίρροιας είναι ισχυρότερη απ' αυτήν του ηλίου, παρά το ότι η βαρυτική έλξη του τελευταίου στη γη είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι της σελήνης.

4.52 Για να διατηρείται σταθερή η ολική στροφορμή του συστήματος «γη - σελήνη» μεγαλώνει η απόσταση των δύο σωμάτων έτσι, ώστε η αύξηση της στροφορμής της σελήνης, που οφείλεται στην περιφορά της γύρω από τη γη, να εξισορροπεί τη μείωση της στροφορμής της γης, που οφείλεται στην περιστροφή της γύρω από τον άξονά της.

4.53 Ο άνεμος, οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης και τα σεισμικά φαινόμενα είναι δυνατό να ταλαντώνουν ποσότητες νερού σαν αυτές της ερωτήσεώς μας. Από μια περιοχή συχνοτήτων ταλάντωσης, που δημιουργούν τα παραπάνω αίτια, το νερό ταλαντώνεται με τη συχνότητα αυτήν, η οποία συμπίπτει με την ιδιοσυχνότητά του. Έτσι αναπτύσσονται σ' αυτό στάσιμα κύματα, όπως αυτά, που δημιουργούνται σ' ένα ηχητικό σωλήνα, όταν διεγείρεται από ένα αίτιο, το οποίο παράγει ολόκληρη περιοχή ακουστικών συχνοτήτων.

4.54 Βλέπε την απάντηση της ερ. 4.56.

4.55 Η φυσική περίοδος ταλάντωσης του νερού του κόλπου είναι περίπου 13 ώρες· τα αίτια συνεπώς που δημιουργούν την ημι - ημερήσια παλίρροια, εξαναγκάζουν το νερό του κόλπου να ταλαντώνεται σε συντονισμό, όπως αναγκάζουν τα ακουστικά κύματα, την αέρια στήλη ενός ηχητικού σωλήνα να ταλαντώνεται σε συντονισμό μ' αυτά. Αποτέλεσμα του συντονισμού του κόλπου και της ημι - ημερήσιας παλίρροιας είναι η αύξηση της ενέργειας, επομένως και του πλάτους, της ταλάντωσης του νερού.

4.56 Τα «υδάτινα τείχη» και στις δύο περιπτώσεις (βλ. ερ. 4.54) αποτελούν παραδείγματα υδραυλικού άλματος, που δεν είναι τίποτε άλλο από ένα κύμα ανάλογο με το ατμοσφαιρικό κρουστικό κύμα. Τα κανονικά (ημιτονοειδή) κύματα βαρύτητας είναι δυνατό να διαδίδονται αντίθετα στο ρεύμα, εάν η ταχύτητα του νερού είναι μικρότερη από την ταχύτητα των κυμάτων (βλέπε την απάντηση της ερ. 4.43 για τη διάκριση μεταξύ κυμάτων βαρύτητας και κυμάτων επιφανειακής τάσης). Ο λόγος της ταχύτητας του ρεύματος του νερού προς την ταχύτητα του κύματος ονομάζεται αριθμός Froude. Αν ο αριθμός Froude είναι μικρότερος του 1, τότε λέμε ότι η ροή είναι «υπό - κρίσιμη». Το υδραυλικό άλμα είναι ένα κύμα, το οποίο αναπτύσσεται εκεί όπου η ροή του νερού αλλάζει από «υπερ - κρίσιμη» σε «υπο - κρίσιμη».

Παρατηρείται μεταβολή στο ύψος του νερού, διότι η ταχύτητα του κύματος εξαρτάται από την τετραγωνική ρίζα του ύψους (ή αλλιώς του βάθους) του νερού. Στο υδραυλικό άλμα, που γίνεται στο νεροχύτη, για παράδειγμα, το βάθος του νερού είναι μικρό μέσα στον κύκλο που σχηματίζεται από την πτώση του νερού· η ταχύτητα επομένως την κυμάτων βαρύτητας είναι μικρή και η ροή «υπερ - κρίσιμη». Έξω από τον κύκλο, το βάθος του νερού μεγαλώνει, οπότε και η ταχύτητα των κυμάτων βαρύτητας είναι μεγαλύτερη και η ροή «υπο - κρίσιμη». Στην περίπτωση των παλιρροιακών «καταρρακτών», η είσοδος του παλιρροιακού κύματος στο ποτάμι, το οποίο ολοένα στενεύει και ανεβαίνει, καθιστά «υπερ - κρίσιμη» τη ροή κάθε κύματος που δημιουργείται από εμπόδια στη ροή του νερού. Στη θέση του «καταρράχτη» η ροή αλλάζει από «υπερ - κρίσιμη» σε «υπο - κρίσιμη», επειδή μεγαλώνει το βάθος του νερού, επομένως και η ταχύτητα των κυμάτων, που σχηματίζονται σ' αυτό.

4.57 Για το φαινόμενο αυτό δεν έχει δημοσιευτεί απολύτως τίποτε. Δεν απομένει λοιπόν παρά να πειραματιστείτε και να προβληματιστείτε μόνοι σας.

4.58 Οι έρευνες για την προέλευση του φαινομένου συνεχίζονται ακόμη και σήμερα. Αν και έχουν προταθεί πολλές ερμηνείες καμιά δεν είναι ακόμη πλήρως αποδεκτή. Μια από τις νεότερες θεωρίες υποστηρίζει ότι τα ωκεάνια κύματα που φτάνουν στην παραλία αναπτύσσουν (με ωρισμένη γωνία ως προς αυτήν) στάσιμα κύματα. Τις δαντέλες άμμου δημιουργούν οι δεσμοί και οι κοιλίες των κυμάτων αυτών.

4.59 Την εκτροπή της ροής του νερού από τη διεύθυνση που πνέει ο άνεμος στην επιφάνειά του, προκαλεί μία δύναμη αδράνειας — η δύναμη Coriolis — η οποία οφείλεται στην περιστροφή της γης. Η εκτροπή αυτή είναι περίπου 45° προς τα δεξιό στο Βόρειο ημισφαίριο και 45° προς τα αριστερά στο Νότιο. Αν η ροή

είναι στρωτή, η εκτροπή της αυξάνεται ανάλογα με το βάθος του νερού. Ένα σχεδιάγραμμα των διανυσμάτων ταχύτητας σε συνάρτηση με το βάθος αποτελεί το σπείραμα του Ekman. Για να βρούμε τη συνολική μεταφορά του νερού για όλη την έκταση του σπειράματος, πρέπει να ολοκληρώσουμε τη ροή του νερού για όλο το βάθος του. Το αποτέλεσμα του υπολογισμού δείχνει ότι η συνολική μετατόπιση είναι περίπου 90° από τη διεύθυνση του ανέμου στην επιφάνεια του νερού.

4.60 Η μεταβολή της δύναμης Coriolis σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου μετατοπίζουν τη γενική κυκλοφορία των ωκεανών προς τα δυτικά. Επειδή είναι περισσότερο πυκνές στα δυτικά οι ρευματικές γραμμές, η ροή των ρευμάτων γίνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα.

4.61 Όταν περιστρέφεται το τσάι γύρω από κεντρικό άξονα του φλιτζανιού, η κεντρομόλος επιτάχυνση, (που υφίσταται σε κάθε κυκλική περιστροφή ενός σώματος) προέρχεται από τη διαφορά πίεσης, που δημιουργείται μεταξύ των περιοχών, που βρίσκονται κοντά στα πλευρικά τοιχώματα του φλιτζανιού και κοντά στον κεντρικό άξονα. Αυτή όμως, η διαφορά πίεσης οδηγεί και σε μια άλλη κίνηση, που ονομάζεται δευτερεύουσα ροή, η οποία αναγκάζει τα κατακάθια του τσαγιού να συγκεντρώνονται στο κέντρο του φλιτζανιού. Και αναλυτικότερα: ας θεωρήσουμε δυο οριζόντια στρώματα τσαγιού, ένα στην επιφάνεια και ένα στον πυθμένα του φλιτζανιού. Και στα δύο στρώματα η πίεση είναι μεγαλύτερη στα σημεία τους εκείνα, που απέχουν περισσότερο από τον κεντρικό άξονα. Στο στρώμα όμως του πυθμένα η κεντρομόλος επιτάχυνση απαιτεί μικρότερη διαφορά πίεσης, διότι η τριβή με τον πυθμένα εμποδίζει το τσάι να κινείται τόσο γρήγορα, όσο στο υψηλότερο στρώμα. Και στα δύο λοιπόν στρώματα του τσαγιού υπάρχει διαφορά πίεσης, μεγαλύτερη όμως είναι αυτή του επιφανειακού στρώματος.

Έτσι, αν ένα μικρό «σκουπιδάκι» τσαγιού βρίσκεται αρχικά στην εξωτερική πλευρά του επιφανειακού στρώματος, δε θα περιστρέφεται μόνο γύρω από τον κεντρικό άξονα του φλιτζανιού αλλά θα βουλιάζει επιπρόσθετα κατά μήκος του πλευρικού τοιχώματος του φλιτζανιού προς τον πυθμένα, εξαιτίας της διαφοράς πίεσης μεταξύ των εξωτερικών πλευρών των δύο παραπάνω στρωμάτων. Για να αναπληρωθεί η απώλεια υγρού στην εξωτερική πλευρά του επιφανειακού στρώματος, προκαλείται ροή υγρού από το κέντρο του στρώματος του πυθμένα προς το κέντρο του επιφανειακού στρώματος, κατά μήκος του κεντρικού άξονα. Έτσι, ενώ το τσάι περιστρέφεται, μετακινείται συγχρόνως από την εξωτερική πλευρά της επιφάνειας στην εξωτερική πλευρά του πυθμένα, απ' εκεί προς το κέντρο του πυθμένα, στη συνέχεια προς το κέντρο της επιφάνειας και απ' εκεί προς την εξωτερική πάλι πλευρά του επιφανειακού στρώματος. Τα κατακάθια συνεπώς του τσαγιού αναγκάζονται από τη δευτερεύουσα ροή να συγκεντρωθούν και να αποτεθούν στο κέντρο του πυθμένα, απ' όπου το υγρό αρχίζει την ανοδική του κίνηση.

4.62 Η δευτερεύουσα ροή της προηγούμενης ερώτησης είναι υπεύθυνη για το σχήμα του μαιάνδρου των ποταμών. Κάθετα στη ροή του ρεύματος σ' ένα ελαφρά κεκαμμένο τμήμα του ποταμού εκτελείται μια δευτερεύουσα περιστροφική κίνηση του νερού από την εξωτερική πλευρά του επιφανειακού στρώματος προς την εξωτερική πλευρά του στρώματος του πυθμένα· απ' εκεί προς την εσωτερική πλευρά του στρώματος του πυθμένα, στη συνέχεια προς την εσωτερική πλευρά του επιφανειακού στρώματος και τέλος προς την εξωτερική πλευρά του επιφανειακού στρώματος. Αυτή η κίνηση του νερού μετακινεί υλικά από την εξωτερική προς την εσωτερική όχθη του ποταμού και τα εναποθέτει στη βάση της. Με το μηχανισμό αυτό ένα ρυάκι ή ένα ποτάμι, ευθύγραμμα στην αρχική τους μορφή, καταλήγουν εξαιτίας των ελαφρών παρακάμψεών τους να αποκτούν φιδίσιο σχήμα.

4.63 Αν η μπάλα ανέβαινε με την κανονική της ταχύτητα, θα έπρεπε να εξωθήσει και να μετατοπίσει το νερό, που βρισκόταν από πάνω της προς τις πλευρές του δοχείου. Μια τέτοια όμως κίνηση του νερού θα ερχόταν αντιμέτωπη με τη διαφορά πίεσης, που έχει δημιουργηθεί εξαιτίας της περιστροφικής του κίνησης. (Η αναγκαία κεντρομόλος επιτάχυνση γι' αυτή την κυκλική κίνηση του νερού γύρω από τον άξονα περιστροφής παρέχεται από τη διαφορά πίεσης μεταξύ των περιοχών νερού διαφορετικών ακτίνων περιστροφής· μεγαλύτερη, μάλιστα, πίεση έχουν οι περιοχές νερού, που απέχουν περισσότερο από τον άξονα περι-

στροφής). Εάν η ταχύτητα ανόδου της μπάλας είναι πολύ μικρή, ώστε να δημιουργήσει την προαναφερθείσα μετατόπιση του νερού προς τα τοιχώματα του δοχείου, τότε η μπάλα ανέρχεται, και μάλιστα με τον ίδιο ρυθμό, μαζί με μια στήλη νερού. Μ' άλλα λόγια, η μπάλα τραβά και σπρώχνει προς τα πάνω μια στήλη νερού, ίσης διαμέτρου με τη δική της. Η τριβή που ασκείται σ' αυτή τη στήλη και η μεγαλύτερη μάζα, που συνολικά κινείται προς τα πάνω, αυξάνει το χρόνο ανόδου της μπάλας.

4.64 Η χρωματισμένη σταγόνα ωθεί και μετατοπίζει κάποια μικρή ποσότητα καθαρού νερού από το σημείο, στο οποίο πέφτει. Ένα μέρος τη ποσότητας αυτής μετατοπίζεται προς τον άξονα περιστροφής. Εκεί όμως είναι υποχρεωμένο να περιστρέφεται με μεγαλύτερη ταχύτητα, οπότε πιέζει ακτινικά προς τα έξω, προσπαθώντας να ανακαταλάβει την παλιά του θέση. Ένα άλλο μέρος καθαρού νερού μετατοπίζεται προς τα τοιχώματα του ποτηριού. Εκεί όμως συναντά μεγαλύτερη πίεση (λόγω αναγκαίας κεντρομόλου επιτάχυνσης βλ. απάντηση της ερ. 4.62) πιέζει επομένως ακτινικά τη χρωματισμένη σταγόνα, προσπαθώντας να ανακαταλάβει την παλιά του θέση. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι να συμπιέζεται η σταγόνα ακτινικά και από τις δύο μεριές της και να διαχέεται προς τα κάτω, εγκλωβισμένη όμως σε μια λεπτή περιοχή σαν φύλλο.

4.65 Οι συζητήσεις για τη φορά περιστροφής της δίνης σε μια μπανιέρα που αδειάζει, είναι τόσο έντονες, όσο και στις μεγάλες θρησκευτικές διαμάχες. Μερικοί υποστηρίζουν ότι, όταν αδειάζουν οι μπανιέρες του Βόρειου ημισφαιρίου, το νερό σε όλες ανεξαιρέτως, περιστρέφεται με φορά αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού. Άλλοι υποστηρίζουν ότι οι μισές περίπου συμπεριφέρονται έτσι. Ο Α. Shapiro είναι ο πρώτος που έκανε προσεκτικά πειράματα για τη φορά περιστροφής της δίνης αλλά δε φαίνεται να έθεσε τέλος στις διαμάχες. Εάν δε γίνει το πείραμα με μεγάλη προσοχή και σε μια προσεκτικά σχεδιασμένη μπανιέρα, δεν παρατηρείται η περιστροφή που οφείλεται στη δύναμη Coriolis. Οι συνηθισμένες μπανιέρες και νιπτήρες δεν έχουν σε καμιά περίπτωση κατασκευαστεί έτσι, ώστε να προβάλλεται η δράση της δύναμης Coriolis. Σ' αυτές η δίνη μπορεί να 'χει και τις δύο φορές περιστροφής, γεγονός που εξαρτάται από παράγοντες ανεξέλεκτους, όπως είναι το σχήμα της μπανιέρας, η κίνηση, που οφείλεται στην αναρρόφηση του στομίου εκκένωσης, την παραμένουσα περιστροφή από το γέμισματα, τα ρεύματα του αέρα πάνω από το νερό και τέλος το σχήμα και τη θέση του σωλήνα εκκένωσης. Για να γίνει εμφανής η δράση της ασθενικής δύναμης Coriolis πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα δοχείο (ειδική περίπτωση αποτελεί και η μπανιέρα και ο νιπτήρας), πολύ συμμετρικό με μια κεντρική έξοδο, που να μπορεί να ανοίγει χωρίς να δημιουργεί δίνες στο νερό.

Όταν γεμίσει το δοχείο, το νερό του πρέπει να ηρεμήσει για μία έως δύο μέρες, ώστε να εξαφανιστούν οι στροβιλώδεις κινήσεις, που οφείλονται στο γέμισμα. Δεν πρέπει να υπάρχουν ρεύματα αέρα πάνω από το νερό ούτε μεταβολές θερμοκρασίας μέσα στο δωμάτιο, γιατί και τα δυο μπορεί να δημιουργήσουν κάποια κίνηση του νερού, που θα καλύψει αυτήν της δύναμης Coriolis. Μόνο μ' αυτές κι άλλες παρόμοιες προφυλάξεις μπορούμε να παρατηρήσουμε την περιστροφή του νερού, που οφείλεται στο άδειασμα.

4.66 Η αιτία, που προκαλεί τους σίφουνες ξηράς και θάλασσας, η φύση τους και η συμπεριφορά τους δεν είναι πλήρως γνωστά. Η διάκριση μεταξύ τους, πέρα από το ότι οι δεύτεροι σχηματίζονται πάνω από το νερό, είναι πιο ασθενείς, ταξιδεύουν γρηγορότερα και διαρκούν περισσότερο, δεν είναι εύκολη. Οι σίφουνες ξηράς τις περισσότερες φορές είναι ιδιαίτερα καταστρεπτικοί και ακολουθούνται από σφοδρές καταιγίδες. Η κατακόρυφη κίνησή τους φαίνεται ότι έχει φορά προς τα πάνω. Οι «προβοσκίδες» τους είναι ορατές εξαιτίας της συμπύκνωσης υδρατμών, η οποία γίνεται μέσα τους (όπου η πίεση είναι μικρή), ή εξαιτίας της σκόνης και των μικρών λίθων, που ανασηκώνουν από το έδαφος. Αυτοί, στις κεντρικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών, για παράδειγμα, εμφανίζονται συχνά την άνοιξη, όταν ο κρύος και ξηρός άνεμος από τα βόρεια συναντά το θερμό και υγρό άνεμο από τον κόλπο του Μεξικού. Οι μηχανισμοί όμως που γεννούν αυτούς τους στροβιλισμούς, δεν είναι ακόμη γνωστοί. Η θερμικά επαγόμενη περιστροφή είναι μια πιθανή αιτία. Περιστροφική κίνηση που πιθανόν υπήρχε, μπορεί να συγκλίνει και να μεγενθύνει έτσι την κίνηση. Στις μεγάλες καταιγίδες μπο-

ρεί να παράγονται κατεπανάληψη ηλεκτρικές εκκενώσεις, που θερμαίνουν αρκετά τον αέρα, με αποτέλεσμα να εκκινεί τον στροβιλισμό. Η συχνότητα των αστραπών στους σίφουνες (οποιασδήποτε μορφής — βλέπε και ερ. 6.32, 6.35) κάνει την παραπάνω υπόθεση γοητευτική.

4.67 Οι κόκκοι της ουσίας βοηθούν την απελευθέρωση του διοξειδίου του άνθρακα, δρώντας ως πυρήνες σχηματισμού φυσαλίδων. Οι φυσαλίδες σχηματίζονται κοντά στον άξονα περιστροφής — και ειδικότερα, αν ρίχνετε εκεί τη ζάχαρη — διότι σ' αυτόν η πίεση είναι μικρότερη απ' οποιαδήποτε άλλη περιοχή του υγρού (την κατανομή της πίεσης στο περιστρεφόμενο υγρό περιγράφουμε στην ερ. 4.61). Οι φυσαλίδες που απελευθερώνονται, βοηθούν το νερό κοντά στον άξονα περιστροφής να ανέλθει. Άλλο νερό ρέει προς τον πυθμένα, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται η στροφορμή στο κέντρο. Έτσι η ταχύτητα περιστροφής αυξάνεται και δημιουργείται η δίνη.

4.68 Το κρύο γάλα βυθίζεται μέσα στον καφέ, επειδή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα. Στρόβιλοι του περιστρεφόμενου καφέ εισέρχονται στο γάλα και επιμηκύνονται εξαιτίας της καθοδικής κίνησης του τελευταίου. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση της γωνιακής ταχύτητας των προηγουμένων στροβίλων, τόσο μάλιστα, ώστε να δημιουργούν ένα «λακκάκι» στην επιφάνεια. Εάν χύνετε ζεστό γάλα μέσα στον καφέ, αυτό δε θα βυθίζεται ή δε θα βυθίζεται αρκετά γρήγορα. Εάν το ζεστό γάλα είναι λιγότερο πυκνό από τον καφέ, οι στρόβιλοι που σχηματίζει, μικραίνουν και η ταχύτητα περιστροφής τους ελαττώνεται.

4.69, 4.70 και 4.71 Η αιτία που προκαλεί και διατηρεί τους «διάβολους σκόνης», δεν είναι εντελώς κατανοητή. Υπέρθερμος προφανώς αέρας βρίσκεται αρχικά κοντά στο έδαφος σε ασταθή ισορροπία. Κάθε μικρή διαταραχή αποσπά το οριακό στρώμα του θερμού αέρα από το έδαφος και του επιτρέπει να ανέρχεται. Ο ανερχόμενος θερμός αέρας καταφέρνει να έλκει προς τα πάνω κι άλλη ποσότητα θερμού αέρα, όπως γίνεται με το «τράβηγμα» μιας καμινάδας (βλ. ερ. 3.34).

Η φορά περιστροφής τους είναι εντελώς τυχαία και όχι καθορισμένη, όπως στους κυκλώνες. Οι στρόβιλοι που δημιουργούνται πάνω από φωτιές και από λίμνες (όπως του Michigan), αποτελούν ανάλογα φαινόμενα, στα οποία υπάρχει ιδιαίτερα ασταθής θερμός αέρας κάτω από ψυχρότερο αέρα.

4.72 Όταν αρχίζει να βουλιάζει μέσα στο καθαρό νερό η χρωματισμένη σταγόνα, οι άκρες της επιβραδύνονται απ' αυτό και κινούνται πιο αργά απ' ό,τι το κέντρο της. Καθώς λοιπόν καταδύεται η σταγόνα, οι άκρες της περιελίσσονται προς τα πάνω.

Η διαστολή του δαχτυλιδιού, καθώς πλησιάζει αυτό στον πυθμένα, είναι όμοια με τη διαστολή των δαχτυλιδιών καπνού της ερ. 4.101.

4.73 Στην πρώτη διάταξη αναπτύσσονται στρόβιλοι και από τις δύο άκρες του τραπουλόχαρτου. Στη δεύτερη διάταξη το τραπουλόχαρτο «σχίζει» κατά μήκος του τον αέρα, με συνέπεια να αναπτύσσει τελικά ο αέρας έναν μόνο στρόβιλο στην πίσω άκρη του τραπουλόχαρτου.

4.74 Ο αέρας αρχικά κρυώνει, επειδή διαστέλλεται κατά την είσοδό του στο σωλήνα. Κοντά στην κυκλική κοιλότητα σχηματίζεται μια δίνη, που έχει μεγαλύτερες ταχύτητες στον άξονα του σωλήνα και μικρότερες κοντά στα τοιχώματά του. Καθώς αναπτύσσεται σπειροειδώς μέσα στο σωλήνα η ροή, η κατανομή των ταχυτήτων γίνεται περισσότερο ομοιόμορφη, καθώς το εσωτερικό στρώμα του αέρα παράγει έργο, το οποίο καταναλώνει το εξωτερικό στρώμα, (και το οποίο — βέβαια — μετατρέπεται σε θερμότητα). Το αποτέλεσμα είναι ότι το εξωτερικό στρώμα του αέρα θερμαίνεται, έως ότου φτάσει στην έξοδο του σωλήνα με τη βαλβίδα. Η «ψυχή» της δίνης κινείται και κατά την αντίθετη κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να ψύχεται, καθώς περνά από την κεντρική οπή και εκτονώνεται. Η αύξηση επομένως της θερμοκρασίας στο εξωτερικό στρώμα της δίνης του αέρα οφείλεται στο έργο της εσωτερικής τριβής κατά την επιτάχυνσή του, και η μείωση της θερμοκρασίας στην «ψυχή» της δίνης στην εκτόνωση του αερίου, καθώς ρέει μέσα από την κεντρική οπή της κυκλικής κοιλότητας.

4.75 Όταν ένα πουλί κινεί τα φτερά του προς τα κάτω, αναπτύσσει ανοδικό ρεύμα αέρα, που παραμένει πίσω από το σώμα του και το ακολουθεί. Ο σχηματισμός V αποβλέπει στο να εκμεταλλεύεται το πουλί που ακολουθεί, το πλεονέκτημα του ανοδικού ρεύματος, που δημιουργεί το

προπορευόμενο πουλί. Έτσι, όλα τα πουλιά — πλην του πρώτου βέβαια — εξοικονομούν ενέργεια κατά την πτήση τους.

4.76 Βλέπε την απάντηση της ερ. 4.78.

4.77 Το αυτοκίνητο, που ακολουθεί, προωθείται από το στρόβιλο, που αφήνει πίσω του το προπορευόμενο αυτοκίνητο και αντιμετωπίζει λιγότερη αντίσταση αέρα, διότι η ροή του αέρα έχει υποστεί μια απόκλιση λόγω της διέλευσης του προπορευόμενου αυτοκινήτου. Η βίαια επιτάχυνση μοιάζει να αναπτύσσεται, τη στιγμή που το δεύτερο αυτοκίνητο αρχίζει να προσπερνά. Ένα μέρος του αέρα, που αφήνει πίσω του το προπορευόμενο, υποχρεώνεται να περάσει στον σχετικά στενό χώρο, που υπάρχει μεταξύ των δυο αυτοκινήτων, επιταχύνεται και έτσι μειώνεται η πίεσή του. Το δεύτερο λοιπόν αυτοκίνητο δέχεται μεγαλύτερη πίεση στο πίσω απ' ό,τι στο μπροστινό του μέρος, που είναι πλησιέστερα στο προπορευόμενο. Αυτή η διαφορά πίεσης ασκεί στιγμιαία μια προωστική δύναμη στο δεύτερο αυτοκίνητο, καθώς «ξεμυτίζει» για να προσπεράσει. Το προπορευόμενο αυτοκίνητο δέχεται μια ίση προς τα πίσω δύναμη.

4.78 και 4.79 Βλέπε ερ. 4.77.

4.80 Τα ψάρια κολυμπούν ομαδικά με τέτοιο τρόπο ώστε, όπως τα πουλιά της ερ. 4.75, να επωφελούνται από την αύλακα που σχηματίζουν τα προπορευόμενα. Ας φανταστούμε ένα ψάρι, που βρίσκεται μέσα στο κοπάδι. Καθώς κολυμπά, αφήνει πίσω του μια σειρά από δίνες, που αναπτύσσονται διαδοχικά από τη μια και την άλλη μεριά της προέκτασης του κύριου άξονά του. Οι δίνες έχουν τέτοια φορά, που το νερό ρέει με διεύθυνση αντίθετη απ' αυτήν του ψαριού. Εάν ένα άλλο ψάρι κολυμπούσε ακριβώς πίσω από το προηγούμενο θα ξόδευε περισσότερη ενέργεια, γιατί θα έπρεπε να κολυμπά αντίθετα από τη ροή της δίνης. Αν όμως το δεύτερο ψάρι ήταν ελαφρά μετατοπισμένο σε σχέση με το πρώτο, θα βρισκόταν στην περιοχή της δίνης, που κινείται προς τα μπροστά. Φανταστείτε τώρα δύο ψάρια, που ακολουθούνται από ένα τρίτο, που βρίσκεται ανάμεσα στους δυο άξονες των σωμάτων τους. Αυτό το τελευταίο βρίσκεται στην περιοχή, όπου οι δίνες των προπορευόμενων κινούνται προς τα μπρος. Έτσι θα δαπανά λιγότερη ενέργεια απ' αυτά για να κινείται με την ίδια ταχύτητα που κινούνται αυτά. Ο σκοπός επομένως του ομαδικού σχηματισμού είναι να μειώνει τη δαπάνη ενέργειας για κάθε ψάρι, με εξαίρεση το επικεφαλής, επειδή τους επιτρέπει να επωφελούνται από τις στροβιλώδεις ροές, που δημιουργούν τα προπορευόμενα.

4.81 Ο άνεμος σχηματίζει στροβίλους, καθώς αποσπάται από το κτίριο. Στην πλευρά του κτιρίου, που είναι εκτεθειμένη στον άνεμο, η ροή του αέρα είναι στρωτή, ενώ στην αντίθετη τυρβώδης.

4.82 Οι μεγάλες κατακόρυφες πλάκες στις πλευρές της γέφυρας ήταν υπαίτιες για την ταλάντωσή της. Ένα τόσο πλατύ μέτωπο, ενάντιο στον άνεμο, ανάγκαζε μια μεγάλη ποσότητα αέρα να χωρίζεται σε δύο τμήματα, τα οποία και έρρεαν γύρω από τη γέφυρα. Η πίεση πάνω και κάτω ακριβώς από τις πλάκες ήταν μειωμένη εξαιτίας της αυξημένης ταχύτητας του ανέμου στα σημεία αυτά. Εάν η ροή του ανέμου ήταν τελείως συμμετρική ως προς τις πλάκες, η μείωση της πίεσης πάνω και κάτω απ' αυτές θα ήταν ίδια. Ο άνεμος όμως, που έπνεε, έπληττε τις πλάκες υπό διάφορες γωνίες με αποτέλεσμα να μεταβάλλονται από στιγμή σε στιγμή οι πιέσεις πάνω και κάτω απ' αυτές. Αυτή η διαφορά πίεσης αναπτυσσόταν σε όλο το πλάτος της γέφυρας και μάλιστα αυξανόταν εξαιτίας της δημιουργίας στροβίλων από τις πλάκες της πλευράς, που ήταν «κόντρα» στον άνεμο. Έτσι, η ταλάντωση της γέφυρας αποτελούσε φυσικό επακόλουθο της διαφοράς πίεσης μεταξύ του πάνω και κάτω μέρους της γέφυρας. Όμοιες ταλαντώσεις αναπτύσσονται και σε τηλεφωνικά καλώδια, όπου οι διαφορές πίεσης και οι στρόβιλοι παράγουν το σφύριγμα των συρμάτων. (βλ. ερ. 1.55).

4.83 Οι «τυρβώδεις διαταραχές καλού καιρού» (C.A.T: Clear air turbulence) οφείλονται στο φαινόμενο, που ονομάζουμε αστάθεια Kelvin - Helmholtz. Ως πρότυπο της αστάθειας αυτής ας θεωρήσουμε δύο στρώματα υγρών μέσα σε μια λεκάνη, το ένα από τα οποία έχει μικρή πυκνότητα και γλιστρά πάνω στο άλλο, που είναι μεγαλύτερης πυκνότητας. Αν η σχετική ταχύτητα του ενός είναι μικρή σε σχέση με το άλλο, κάθε ελαφριά διαταραχή στην επιφάνεια συνεπαφής τους εξαφανίζεται γρήγορα. Για μεγαλύτερες όμως ταχύτητες, μια διαταραχή στην επιφάνεια συνεπαφής τους

μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη διείσδυση του ενός υγρού μέσα στο άλλο. Το υγρό μάλιστα, που διεισδύει στο άλλο, δημιουργεί δίνη. Παρόμοια δημιουργία στροβίλων μπορεί να συμβεί στην ατμόσφαιρα, όπου υπάρχουν ισχυρές κατακόρυφες διατμητικές κινήσεις ρευμάτων αέρα (επομένως σχετική κίνηση δυο στρωμάτων) και μεγάλες οριζόντιες βαθμίδες θερμοκρασίας (επομένως διαφορετικές πυκνότητες των γειτονικών στρωμάτων). Οι C.A.T είναι στρόβιλοι του είδους εκείνου, που δημιουργείται στην επιφάνεια συνεπαφής των ρευμάτων αέρα.

4.84 Επειδή είναι ελαττωμένη η ατμοσφαιρική πίεση στην κορυφή του βουνού, το ιξώδες του αέρα είναι μικρότερο. Γι' αυτό και «τρέχει» το ρολόι.

4.85 Το πλέγμα δημιουργεί στροβιλισμούς και κοιλότητες στη φλέβα του νερού, επειδή στενεύει το άνοιγμα, από το οποίο πρέπει να περάσει αυτή. Η αίσθηση του «απαλότερου» νερού οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στο σχηματισμό φυσαλίδων αέρα.

4.86 Απ' ό,τι ξέρω δεν έχουν γίνει συστηματικές έρευνες για την απάντηση της ερώτησης αυτής, αν και υπάρχουν αθλητικά αντικείμενα, που έχουν κατασκευαστεί για πισίνες ταχείας και αργής κολύμβησης. Μπορώ να υποθέσω όμως ότι έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο τα διαχωριστικά και τα τοιχώματα, ώστε να απορροφούν τα επιφανειακά κύματα, τα οποία χτυπούν τους κολυμβητές. Αλλά γιατί δεν ερευνάτε μόνος σας το θέμα;

4.87 Το ρεύμα νερού, που χύνεται πάνω από τον υδατοφράχτη, είναι όμοιο με το ρεύμα αέρα, που πέφτει πάνω σε μία ακμή (βλ. ερ. 1.56) ως προς τις ταλαντώσεις που αναπτύσσονται σ' αυτό. Οι ταλαντώσεις αυτές δημιουργούν μέσα στη στήλη νερού στάσιμο κύμα, που από τον υδατοφράχτη μέχρι το έδαφος είναι ίσο με πέντε τέταρτα μήκους κύματος. Εξαιτίας της συντονισμένης παροχής ενέργειας — λόγω μεταβολών της πίεσης στην ακμή του υδατοφράχτη — στις ταλαντώσεις του νερού του καταρράχτη, είναι δυνατό να αυξηθεί σημαντικά το πλάτος τους. Αυτό το στάσιμο κύμα πιθανώς να συνδέεται με τις ταλαντώσεις του εδάφους κοντά στον καταρράχτη (βλ. ερ. 2.61).

4.88 Όταν περνά ο αέρας από τη εξωτερική περιφέρεια του αλεξίπτωτου, αναπτύσσονται στρόβιλοι. Η δημιουργία των στροβίλων εναλλάσσεται από τη μια πλευρά του αλεξίπτωτου στην άλλη. Επειδή και στις δυο του πλευρές η πίεση είναι ελαττωμένη, το αλεξίπτωτο παρουσιάζει πίεση χαμηλότερη της κανονικής, πρώτα στη μια και έπειτα στην άλλη πλευρά του. Αυτή η εναλλαγή της πίεσης αρχίζει να ταλαντώνει το αλεξίπτωτο. Αν η συχνότητα ταλάντωσης προσεγγίζει στην ιδιοσυχνότητα του συστήματος αλεξίπτωτο - φορτίο του, το πλάτος ταλάντωσης μπορεί να φτάσει και τις 60^{o}. Η κεντρική τρύπα επιτρέπει σ' ένα μέρος του αέρα να συνεχίζει τη ροή του κατά μήκος του κεντρικού άξονα του αλεξίπτωτου και να καταστρέφει τους στροβίλους στο πάνω μέρος του. Τα αυτοκίνητα αγώνων stock - car μπορούν να ανέχονται τις ταλαντώσεις του αλεξίπτωτου πολύ λιγότερο από τους αλεξιπτωτές. Γι' αυτό και η κατασκευή τους είναι τέτοια, που να μην προκαλεί σημαντικά εμπόδια στη ροή του αέρα. Φροντίζουν μ' άλλα λόγια οι κατασκευαστές να περιορίζουν τη δημιουργία στροβίλων.

4.89 Στο πρόβλημα της βάρκας, που πλέει με μεγαλύτερη ταχύτητα από το ρεύμα που την παρασύρει, υπάρχουν ακόμη αδιευκρίνιστες λεπτομέρειες, όσο αφορά τη ροή του νερού και τη μεταφορά ορμής κοντά στη βάρκα. Η μεγαλύτερη ταχύτητα της βάρκας δικαιολογείται μερικώς, αν μελετηθούν απλά και μόνο οι δυνάμεις, που ασκούνται πάνω της. Το βάρος της λοιπόν είναι κατακόρυφο και με φορά προς τα κάτω· η άνωση που ασκείται σ' αυτήν, δεν έχει ίδια διεύθυνση με το βάρος της αλλά σχηματίζει κάποια γωνία με την κατακόρυφη, διότι το ρεύμα του ποταμού κινείται (προς χαμηλότερο υψόμετρο μάλιστα). Υπάρχει λοιπόν μια συνιστώσα του βάρους, η οποία είναι παράλληλη προς την επιφάνεια του ρεύματος. Αυτή η συνιστώσα βάρους της βάρκας εξουδετερώνεται από μία ίση και αντίθετη δύναμη που ασκείται πάνω της, την αντίσταση δηλαδή του νερού. Αν τη θέση της βάρκας καταλάμβανε ίσος όγκος νερού και κινιόταν με τόση ταχύτητα, όση και η βάρκα, θα δεχόταν αντίσταση κι αυτός από το νερό του ποταμού, με τη διαφορά ότι εξαιτίας της στροβιλώδους ανάμιξης του νερού, η αντίσταση αυτή θα ήταν μεγαλύτερη από την αντίσταση, που δεχόταν η πραγματική βάρκα. Η ταχύτητα επομένως, την οποία πρέπει να αποκτήσει η βάρκα, ώστε

η αντίσταση του νερού να γίνει ίση και αντίθετη με την προαναφερθείσα συνιστώσα του βάρους της, είναι μεγαλύτερη από αυτήν που θα αποκτούσε ο αντίστοιχος όγκος νερού.

4.90 Ένας στερεός τοίχος δημιουργεί δίνες, που στροβιλίζουν το χιόνι. Ένας φράχτης όμως δημιουργεί ηπιότερες δίνες. Εάν η ταχύτητα του αέρα στις δίνες αυτές είναι μικρότερη απ' αυτήν που απαιτείται για να σκορπιστεί και να αιωρηθεί το χιόνι, τότε το χιόνι συσσωρεύεται στην υπήνεμη πλευρά του φράχτη.

4.91 Για να στοιβαχτεί το χιόνι μπροστά σ' ένα αντικείμενο, πρωτίστως πρέπει να το πλησιάσει. Ο αέρας αρχίζει να χωρίζεται και να αποκλίνει δεκάδες ή εκατοντάδες μέτρα μπροστά από ένα μεγάλο σπίτι· και οι νιφάδες του χιονιού επομένως εκτρέπονται πολύ νωρίς, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να συγκεντρωθούν μπροστά στο σπίτι. Ένα μικρότερο αντικείμενο, για παράδειγμα ένας πάσσαλος, εκτρέπει πολύ λιγότερο τον αέρα που πλησιάζει. Έτσι επιτυγχάνεται η συσσώρευση των νιφάδων μπροστά στον πάσσαλο.

4.92 Το πίσω μέρος των φτερών είναι αιχμηρό, για να μην αποσπάται απότομα το οριακό στρώμα αέρα στο πάνω μέρος του φτερού. Αν δεν ήταν έτσι κατασκευασμένα, θα δημιουργιόνταν στροβιλώδεις διαταραχές πίσω από το φτερό, οι οποίες θα συνεπάγονταν «καταστροφή» της δυναμικής άνωσης και απώλεια της στήριξης του αεροπλάνου.

4.93 Η αεροδυναμική ενός σκιέρ είναι ιδιαίτερα σύνθετη για μια ακριβή θεωρητική μελέτη. Η επιλογή επομένως μιας ειδικής στάσης ως βέλτιστης, αν δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα, φτάνει σε μεγάλο βαθμό στα όρια της μαντείας.

4.94 Η αντίσταση του αέρα στην μπάλα προέρχεται από δύο παράγοντες: από τη διαφορά πίεσης μεταξύ μπροστινού και πίσω μέρους της μπάλας και από την τριβή μεταξύ αέρα και μπάλας. Από μία μπάλα με λεία επιφάνεια το οριακό στρώμα αέρα αποσπάται, αμέσως μετά την περιοχή μέγίστης στένωσης, χωρίς να καμφθεί προς το πίσω μέρος της μπάλας. Αναπτύσσονται έτσι στρόβιλοι, με αποτέλεσμα να είναι ελαττωμένη η πίεση στο πίσω μέρος της μπάλας. Επειδή η πίεση στο μπροστινό της μέρος είναι υψηλότερη, η διαφορά πίεσης επιβραδύνει την μπάλα. Από μια μπάλα με τραχύτερη επιφάνεια η απόσταση του οριακού στρώματος αέρα καθυστερεί λίγο. Με την καθυστέρηση αυτή η πίεση στο πίσω μέρος της μπάλας είναι λιγότερο ελαττωμένη απ' ό,τι στην περίπτωση της λείας μπάλας, οπότε και η διαφορά πίεσης μεταξύ του μπροστινού και πίσω μέρους της μικρότερη. Η αντίσταση συνεπώς του αέρα, που οφείλεται στη διαφορά πίεσης, είναι μικρότερη σ' αυτήν απ' ό,τι στην προηγούμενη περίπτωση. Στην μπάλα του γκολφ, που η επιφάνειά της είναι γεμάτη λακκάκια, το φαινόμενο είναι ακόμη εντονότερο (μπορεί δηλαδή να πηγαίνει πιο μακριά).

4.95 Υπάρχουν δυο εξηγήσεις για την ικανότητα των πουλιών να πετούν: οι φτερούγες τους δρουν όπως οι αεροτομές (βλ. ερ. 4.31) και τα ίδια μπορούν να «πλανάρουν» (βλ. ερ. 4.96). Όταν όμως ανεβοκατεβάζουν τις φτερούγες τους για να προωθηθούν, η ώθηση δεν προέρχεται από την προς τα πίσω κίνηση του φτερουγίσματος αλλά από τη συστροφή των φτερών στον αέρα. Τα φτερά δηλαδή λειτουργούν σαν προπέλες. Ένα μαδημένο πουλί είναι πιθανό στην προκειμένη περίπτωση να «πλανάρει» αλλά του είναι αδύνατο να προωθείται με τον παραπάνω τρόπο.

4.96 Τα πουλιά και τα ανεμόπτερα μπορούν να «πλανάρουν», εφαρμόζοντας δυο τεχνικές. Μπορούν να βρίσκονται μέσα στον άνεμο, που αποκλίνει προς τα πάνω εξαιτίας κάποιων εμποδίων στην κίνησή του (τέτοια εμπόδια είναι οι λόφοι και τα θαλάσσια κύματα). Πρακτικότερα και για μεγαλύτερες αποστάσεις τα πουλιά βρίσκονται μέσα σε ανερχόμενες μάζες θερμού αέρα. Όταν τα ανεβάσει σε κάποιο ύψος μια τέτοια μάζα αέρα, γλιστρούν προς τα κάτω, έως ότου βρουν άλλες θερμές ποσότητες αέρα, οι οποίες ανέρχονται. Αυτές μάλιστα δεν είναι ψηλές στήλες θερμού αέρα αλλά δακτυλοειδείς στρόβιλοι, που δημιουργούνται, καθώς αποσπάται από το έδαφος ο ζεστός αέρας του οριακού στρώματος. Η κυκλοφορία του δαχτυλιδιού είναι προς τα πάνω στο κέντρο του και προς τα κάτω στην εξωτερική του πλευρά (βλ. και ερ. 4.72). Τα πουλιά μπορούν να «πλανάρουν» κάνοντας περιστροφές μέσα στα ανερχόμενα τμήματα των δακτυλοειδών στροβίλων.

4.97 Όλοι ουσιαστικά οι χαρ-

ταετοί δρουν όπως οι αεροτομές (που αναγκάζουν τον αέρα να παρεκκλίνει, δημιουργώντας μικρότερη πίεση στο πάνω απ' ό,τι στο κάτω μέρος τους). Με τον τρόπο αυτό αναπτύσσεται ανυψωτική δύναμη πάνω τους (βλ. ερ. 4.31). Τα διαφόρων τύπων ζύγια διαμοιράζουν την τάση του σπάγκου, από τον οποίο συγκρατάμε το χαρταετό, για να αποκτήσει ευστάθεια. Οι τρεις τελευταίοι τύποι, για παράδειγμα, που διακρίνονται στην εικόνα, δημιουργούν ευσταθέστερη πτήση απ' ό,τι ο πρώτος. Τα ζύγια ρυθμίζουν τη γωνία προσβολής του χαρταετού, τη γωνία δηλαδή που σχηματίζει ο κύριος άξονας του χαρταετού, με τη διεύθυνση πνοής του ανέμου. Είναι φανερό ότι η γωνία προσβολής του χαρταετού πρέπει να είναι μεγαλύτερη, όταν πνέει ελαφρός άνεμος, και μικρότερη, όταν πνέει δυνατός άνεμος. Η ουρά του, αν εξαιρέσουμε το διακοσμητικό της ρόλο, εξυπηρετεί δυο βασικούς σκοπούς: α) η αντίστασή της στον αέρα σταθεροποιεί το χαρταετό, κάνοντάς τον λιγότερο ευαίσθητο στους δυνατούς ανέμους, και β) ρυθμίζει τη γωνία προσβολής του χαρταετού ανάλογα με τον άνεμο, που φυσά.

4.98 Τα μονοπάτια των σύννεφων οφείλονται σε επιμήκη τόξα στροβιλισμού του αέρα, σε στρόβιλους δηλαδή, των οποίων ο άξονας περιστροφής είναι οριζόντιος και κατά τη διεύθυνση πνοής του ανέμου. Στην περιοχή, που βρίσκεται μεταξύ δυο γειτονικών τόξων και στην οποία η περιφορά των στροβίλων είναι ανοδική, ο αέρας εκτονώνεται και ψύχεται, με αποτέλεσμα να συμπυκνώνεται μέρος της υγρασίας του και να σχηματίζεται σύννεφο (βλ. ερ. 3.23). Στην περιοχή όμως, που βρίσκεται μεταξύ δυο γειτονικών τόξων και η περιφορά των στροβίλων είναι καθοδική, δε σχηματίζονται σύννεφα. Οι στρόβιλοι παράγονται από θερμική κυκλοφορία, κατά την οποία ανέρχονται θερμές μάζες αέρα και κατέρχονται ψυχρές, όμοια με τη θερμική κυκλοφορία, που περιγράφεται στην ερ. 4.99. Ο οριζόντιος άνεμος «τεντώνει» τους στροβίλους αυτούς έτσι, ώστε να παίρνουν τη μορφή επιμήκων τόξων.

4.99 Αν το υγρό στον πυθμένα του φλιτζανιού είναι σημαντικά θερμότερο απ' ό,τι στην κορυφή του, το υγρό παρουσιάζεται ασταθές, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ρεύματα θερμού υγρού, που αναδύονται προς την επιφάνεια και κρύου υγρού, που καταδύονται στον πυθμένα. Τα ρεύματα αυτά διαμορφώνουν τα διάφορα σχήματα στην επιφάνεια των υγρών. Το θερμό υγρό, για παράδειγμα, μπορεί και ανεβαίνει από το εσωτερικό των εξαγώνων, ενώ το κρύο υγρό κατεβαίνει από τα οριακά στρώματα μεταξύ των εξαγώνων. Για ένα ορισμένο υγρό και μια ορισμένη διαφορά θερμοκρασίας, μπορούμε θεωρητικά να προνοήσουμε τα σχήματα αυτά (κύκλους ή εξάγωνα), τα οποία αποτελούν μόνιμη κατάσταση ροής. Οι κυψέλες στην επιφάνεια του καφέ γίνονται εμφανείς κατά ένα μέρος, εξαιτίας των πολύ μικρών σταγόνων, που αιωρούνται πάνω ακριβώς από τις περιοχές, προς τις οποίες αναδύεται ο θερμός καφές. Μια φορτισμένη χτένα διαταράσσει τη θέση των σταγόνων αυτών και καταστρέφει εν μέρει τα κανονικά σχήματα στη επιφάνεια του καφέ.

4.100 Οι δρόμοι στην έρημο οφείλονται στον ίδιο τύπο οριζόντιων τόξων στροβιλισμού του αέρα, που αναφέρθηκε στην ερώτηση 4.98. Στην περιοχή που βρίσκεται μεταξύ δυο γειτονικών τόξων, στην οποία η περιφορά του αέρα είναι ανοδική, συγκεντρώνεται άμμος και σχηματίζει δρόμο. Στην περιοχή, που βρίσκεται μεταξύ δυο γειτονικών τόξων, στην οποία η περιφορά του αέρα είναι καθοδική, δε σχηματίζεται δρόμος. Οι δρόμοι της ερήμου ακολουθούν τη διεύθυνση Βορρά - Νότου, διότι στις ερήμους όλου το κόσμου πνέουν βόρειοι ή νότιοι άνεμοι κατά κύριο λόγο.

Ανάλογες ζώνες φύλλων ή φυκιών αναπτύσσονται στις επιφάνειες λιμνών και ωκεανών, επειδή σχηματίζονται όμοια τόξα στροβιλισμού σ' ένα στρώμα νερού κάτω ακριβώς από την ελεύθερη επιφάνεια των υδάτων. Στην περιοχή που βρίσκεται μεταξύ δυο γειτονικών τόξων και που η περιφορά του νερού είναι καθοδική, συγκεντρώνονται τα προαναφερθέντα υλικά. Δεν παρατηρείται αντίθετα συγκέντρωση υλικών στις περιοχές, που βρίσκονται μεταξύ γειτονικών τόξων και στις οποίες η περιφορά του νερού είναι ανοδική. Αν και είναι φανερή η εξάρτηση αυτών των τόξων στροβιλισμού από τη διεύθυνση και την ένταση του ανέμου, μολαταύτα παραμένει άγνωστος προς το παρόν ο πραγματικός μηχανισμός παραγωγής τους.

4.101 Για να καταλάβετε πώς διαστέλλεται ένα δαχτυλίδι καπνού, όταν πλησιάζει σ' έναν τοίχο, φανταστείτε το είδωλό του ως προς τον τοίχο (δηλαδή ένα συμμετρικό δαχτυλίδι καπνού πίσω από το τοίχο) να τον πλησιάζει με

την ίδια ταχύτητα. Καθώς συγκρούονται τα δυο δαχτυλίδια, η ορμή των τμημάτων που ρέουν κάθετα προς τον τοίχο, εξουδετερώνεται, ενώ αυτών που ρέουν παράλληλα στον τοίχο, προστίθεται. Ως αποτέλεσμα έχουμε ότι το δαχτυλίδι διαστέλλεται παράλληλα προς τον τοίχο, όσο περισσότερο τον πλησιάζει. Δεν υπάρχει φυσικά στην πραγματικότητα ένα δεύτερο δαχτυλίδι καπνού μέσα από τον τοίχο, αλλά η αλλαγή στη μορφή του δαχτυλιδιού, λόγω της πρόσπτωσής του στον τοίχο είναι ίδια μ' αυτήν που περιγράψαμε με τη βοήθεια του δαχτυλιδιού - ειδώλου. Σε πείσμα των περιγραφών για πολλαπλά αλληλοπεράσματα δαχτυλιδιών καπνού στη βιβλιογραφία, το κόλπο αυτό πρέπει να είναι αδύνατο! Έως το 1972, που ο Maxworthy ερεύνησε προσεχτικά το φαινόμενο των δακτυλοειδών στροβίλων στο νερό, οι περιγραφές αυτές ήταν κοινές σε αρκετά βιβλία.

«Εάν τα δαχτυλίδια έχουν αρχικά ίσες σχεδόν ταχύτητες, τότε το ένα δαχτυλίδι ενσωματώνεται στο άλλο και αποτελούν ένα δαχτυλίδι, που δε διαχωρίζεται πια. Εάν όμως το δαχτυλίδι, που έπεται, έχει αρχικά πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα από το προπορευόμενο, τότε το σύνθετο δαχτυλίδι, που προκύπτει, είναι ιδιαίτερα ασταθές και τινάζει προς τα μπρος το δαχτυλίδι που ακολουθούσε, πριν γίνει η ένωση, ενώ αφήνει πίσω αυτό, που προπορευόταν. Το δαχτυλίδι, που τώρα προπορεύεται, έχει ταχύτητα ίση ή λίγο μεγαλύτερη από αυτό που ακολουθεί. Είναι αδύνατη επομένως η εκ νέου συνάντησή τους». Αν είναι πλήρης η περιγραφή του Maxworthy, πολλαπλά αλληλοπεράσματα δαχτυλιδιών καπνού αποτελούν ένα παράδειγμα, το οποίο περιέγραφαν και ερμήνευαν τα βιβλία, χωρίς να 'χουν ποτέ μπει στον κόπο οι συγγραφείς τους να το επιβεβαιώσουν.

4.102 Από το επίπεδο αρχικά στρώμα της άμμου ο άνεμος ανασηκώνει και στη συνέχεια ξαναρίχνει κόκκους άμμου, οι οποίοι με τη σειρά τους αναγκάζουν άλλους κόκκους να χοροπηδήσουν. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργούνται εναποθέσεις άμμου, οι οποίες υποχρεώνουν και πάλι τον άνεμο να τις αυξήσει σε μέγεθος, και τελικά να σχηματίζονται οι ρυτιδώσεις. Οι ρυτίδες δημιουργούνται με «μήκος κύματος» ίσο περίπου προς το μέσο άλμα των κόκκων, όταν αυτοί αναπηδούν μετά τη σύγκρουσή τους με άλλους κόκκους. Οι κυματώσεις άμμου στους πυθμένες ποταμών σχηματίζονται με όμοιο τρόπο ή ακόμη και ως αποτέλεσμα τόξων στροβιλισμού νερού (βλ. ερ. 4.98 και 4.100). Στη δεύτερη περίπτωση οι κυματώσεις της άμμου ακολουθούν τη διεύθυνση ροής του ποταμού.

4.103 Αντίθετα μ' αυτό που πιστεύουν πολλοί, το νερό δεν αναρριχάται στο σίφωνα εξαιτίας της ατμοσφαιρικής πίεσης, πράγμα που αποδεικνύεται από το γεγονός ότι ο σίφωνας λειτουργεί και σε κενό αέρα. Η δύναμη που αντλεί το νερό είναι ενδομοριακής φύσης. Όταν λειτουργεί ο σίφωνας, η στήλη νερού στο εξωτερικό του σκέλος είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στο εσωτερικό. Η διαφορά αυτή στο βάρος των δυο στηλών υγρού προκαλεί τη ροή του (προς τα πάνω στο εσωτερικό του σκέλος και προς τα κάτω στο εξωτερικό). Όσο ανέρχεται το νερό στο εσωτερικό σκέλος του σίφωνα, η πίεσή του μειώνεται. Είναι λοιπόν δυνατό σε ορισμένο ύψος, η πίεσή του να έχει μειωθεί τόσο, ώστε να αρχίσουν να δημιουργούνται φυσαλίδες (αέρα ή άλλων αερίων) μέσα στην υγρή φλέβα. Ο σχηματισμός τους περιορίζει το ύψος του σιφωνίου, επειδή διακόπτει την ενδομοριακή σύνδεση μεταξύ των μορίων νερού και σταματά το σιφωνισμό. Οι σίφωνες λειτουργούν καλύτερα σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης παρά στο κενό, διότι η ατμοσφαιρική πίεση αυξάνει την πίεση του νερού στα σκέλη του σίφωνα και εμποδίζεται κατά συνέπεια ο σχηματισμός φυσαλίδων ή τουλάχιστον αυξάνεται σημαντικά το ύψος, στο οποίο είναι δυνατό ν' αρχίσουν να σχηματίζονται.

4.104 Ο άνεμος (στην εικόνα φαίνεται να πνέει από πάνω δεξιά προς τα κάτω αριστερά) σηκώνει κόκκους άμμου από την προσήνεμη πλευρά του αμμόλοφου και τους ξαναρίχνει στην υπήνεμη πλευρά. Αν και αργή, αυτή είναι η διαδικασία μετακίνησης των αμμόλοφων.

4.105 Όλες οι σύγχρονες τουαλέτες έχουν ένα σίφωνα μεταξύ της λεκάνης και του υπονόμου. Καθώς πέφτει το νερό στη λεκάνη, η στάθμη του ανεβαίνει στο εσωτερικό τμήμα του σίφωνα. Μόλις αρχίσει να χύνεται το νερό από το εσωτερικό τμήμα του σίφωνα στο εξωτερικό, αρχίζει και ο σιφωνισμός, η διαδικασία δηλαδή με την οποία αδειάζει η λεκάνη. Αν ρίξουμε έναν κουβά νερό, η λεκάνη θα αδειάσει εξίσου καλά. Το γεγονός επομένως ότι το νερό που πέφτει από το καζανάκι,

πέφτει από μεγάλο ύψος, δεν έχει σχέση με το άδειασμα της λεκάνης. Η δεύτερη τρύπα που έχουν στη βάση τους πολλές λεκάνες, είναι ένας πίδακας που παρασύρει το νερό της λεκάνης και αυξάνει την ταχύτητα και τη δύναμη του σιφωνισμού.

4.106 Καθώς αποκολλάται η σταγόνα του λαδιού από το αυτοκίνητο, η αντίσταση του αέρα την τεντώνει και τη φουσκώνει, δίνοντάς της το σχήμα του καπέλου ενός αρχιμάγειρα. Στη συνέχεια σπάζει στο κέντρο της. Έτσι, όταν χτυπά στην άσφαλτο, παίρνει το σχήμα του λουκουμά.

4.107 Οι γραμμές αυτές είναι μικρές ρυτιδώσεις, που σχηματίζονται από δυνάμεις εσωτερικής τριβής του υδάτινου ρεύματος κάτω ακριβώς από υμένια στην επιφάνεια του νερού (π.χ. υμένιο λαδιού ή πετρελαίου).

4.108 Τίποτα δεν έχει δημοσιευτεί πέρα από την περιγραφή του φαινομένου. Μπορείτε να πειραματιστείτε με διάφορα υγρά και διαλύματα, για να κατανοήσετε το φαινόμενο.

4.109 Το λάδι σχηματίζει μια πολύ λεπτή μεμβράνη πάνω στο νερό. Η επιφανειακή τάση ενός τέτοιου υμένιου δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται, καθώς εκτείνεται ή συσπειρώνεται το υμένιο. Τα κύματα που σχηματίζονται στην επιφάνεια του νερού, εκτείνουν ή συσπειρώνουν το υμένιο του λαδιού και με τον τρόπο αυτό αναπτύσσουν στο νερό μια μεταβαλλόμενη εφαπτομενική αντίσταση κάτω ακριβώς από το υμένιο. Η αντίσταση αυτή αυξάνει τις απώλειες ενέργειας του κύματος, με αποτέλεσμα να σβήνει αυτό γρήγορα, αφήνοντας ήρεμη την επιφάνεια του νερού, που καλύπτεται από το υμένιο.

4.110 Τα υμένια λαδιού στην επιφάνεια του νερού σβήνουν τους μικρούς κυματισμούς του και δημιουργούν «μπαλώματα» ήρεμου νερού (βλ. ερ. 4.109). Το λάδι προφανώς προέρχεται από διάτομα, τα οποία περιέχουν λάδι, που τα βοηθά να τρέφονται και να επιπλέουν.

Εάν ο αέρας είναι ισχυρός, τα «μπαλώματα» λαδιού διευθετούνται σε τόξα, όπως αναφέρεται στην απάντηση της ερ. 4.100.

4.111 Το στέμμα και η στήλη υγρού, που εκτινάσσεται από το κέντρο του κρατήρα οφείλονται σε ενίσχυση ασταθών κυμάτων στην επιφάνεια του υγρού. Στην περίπτωση του στέμματος, το κύμα υπάρχει γύρω από τα άκρα του.

4.112 Η επιφανειακή τάση αναγκάζει το νερό να σχηματίσει τη λεπτή διαφανή μεμβράνη και να συγκλίνει προς τον κεντρικό άξονα, κάτω από το δίσκο.

4.113 Εάν είναι εντελώς όμοιες οι δυο στήλες του νερού, οι κατακόρυφες συνιστώσες ορμής εξουδετερώνονται κατά την κρούση (η συνολική ορμή δηλαδή μετά την κρούση — όπως βέβαια και πριν απ' αυτήν — ισούται με μηδέν). Η πίεση, που δημιουργείται στο σημείο σύγκρουσης, αναγκάζει το νερό να τιναχτεί οριζόντια.

4.114 Η επιφανειακή τάση είναι αυτή που συγκρατεί «κολλημένες» τις φλέβες του νερού.

4.115 Το υμένιο νερού, πάνω στο οποίο έχουν «καθίσει» οι κόκκοι του πιπεριού, συστέλλεται, καθώς αναπτύσσεται και απλώνει το υμένιο σαπουνιού.

4.116 Η περιστροφή του ρεύματος της μπύρας γύρω από τα χείλη του ποτηριού είναι σταθερή εξαιτίας της διαφοράς πίεσης κατά μήκος αυτής της ροής.

Ένα ιδανικό ασυμπίεστο υγρό σε κυκλική ροή αναπτύσσει μεγαλύτερη ταχύτητα στα σημεία του, που έχουν μικρότερη ακτίνα. Σύμφωνα λοιπόν με την αρχή του Bernoulli, η πίεση του υγρού είναι μικρότερη στα σημεία του με μικρότερη ακτίνα. Έτσι, η ατμοσφαιρική πίεση έξω από το ρεύμα της μπύρας είναι μεγαλύτερη από την πίεση του υγρού στα χείλη του ποτηριού· το ρεύμα επομένως της μπύρας «κολλάει» πάνω τους. Σε κάποια απόσταση από τα χείλη του ποτηριού το ρεύμα της μπύρας αποκολλάται από τα τοιχώματα του ποτηριού εξαιτίας της αστάθειας που προκαλούν οι μικρές διαταραχές.

4.117 Πριν δημοσιευτεί η εργασία του Loewenthal, ο σχηματισμός δακρύων πάνω στο ποτήρι, που περιέχει «σκληρά» οινοπνευματούχα ποτά, αποδιδόταν στη συνάφεια, (που, όπως πίστευαν, ανάγκαζε το διάλυμα να αναρριχηθεί στο ποτήρι) και στην εξάτμιση της αλκοόλης (που ακολουθούσε). Μετά τη διαδικασία αυτή πάνω στο ποτήρι έμενε μόνο το νερό. Ο Loewenthal απέδειξε ότι ο ερπυσμός του υμένιου του υγρού δεν οφείλεται στη συνάφεια, που πίστευαν ότι τραβούσε το υμένιο προς τα πάνω, αλλά σε μία πίεση, που αναπτύσσεται στο υγρό δίπλα ακριβώς στην επιφά-

νεια του ποτηριού. Την άνοδο ακόμη αυτού του υμένιου δεν την προκαλεί η έλξη της επιφανειακής τάσης αλλά μια πίεση, που ασκείται από το υγρό στην επιφάνεια του ποτηριού.

4.118 Πολλά λάστιχα έχουν σχεδιαστεί έτσι, ώστε να μειώνονται οι πιθανότητες γλιστρήματος. Το πέλμα με τα αυλάκια που διαθέτει, μπορεί να οδηγήσει το νερό προς τα πίσω, στο μέρος εκείνο της επιφάνειάς του, που εφάπτεται με την άσφαλτο. Από το σημείο αυτό αποβάλλει το νερό. Άλλα μικρότερα αυλάκια μπορούν να οδηγήσουν το νερό προς τα πλάγια της επιφάνειας επαφής, όπου επίσης το αποβάλλουν. Μικρές τρύπες τέλος, που υπάρχουν στο λάστιχο, μπορούν να εγκλωβίσουν το στρώμα του νερού στο μπροστινό μέρος της επιφάνειας επαφής του πέλματος. Κάθε μια από τις τεχνικές που περιγράψαμε, αποβλέπει στην ταχεία ελάττωση της ποσότητας του νερού, η οποία και προκαλεί το γλίστρημα του λάστιχου.

4.119 Το φαινόμενο αυτό δεν είναι εντελώς κατανοητό. Αποδίδεται — μάλλον — στην ηλεκτροστατική άπωση μεταξύ των μορίων νερού της σταγόνας και της κύριας ποσότητας νερού. Κάθε μόριο νερού έχει ένα θετικό πόλο (τον αποτελούν τα δυο άτομα υδρογόνου) και ένα αρνητικό (τον αποτελεί το άτομο οξυγόνου). Έτσι, αν τύχει και έχουν το ίδιο φορτίο η κάτω επιφάνεια της σταγόνας και το μέρος της επιφάνειας της κύριας ποσότητας του νερού που πλησιάζει η σταγόνα, οι δυο αυτές επιφάνειες απωθούνται. Μια άλλη άποψη στηρίζεται στην υπερθέρμανση της κύριας ποσότητας του νερού. Στην περίπτωση αυτή, υπάρχει ένα λεπτό στρώμα ατμού, το οποίο συγκρατεί μετέωρη τη σταγόνα (βλ. και την απάντηση της 3.65).

4.120 Η αντίστροφη φορά ροής της σούπας αποτελεί παράδειγμα ελαστικής αποκατάστασης ιξωδελαστικού υγρού. Ενώ βλέπουμε τη σούπα να παύει σιγά - σιγά να περιστρέφεται (εξαιτίας των τριβών με τα τοιχώματα της κατσαρόλας), το επιφανειακό της στρώμα εξακολουθεί να περιστρέφεται, αν και έχουν σταματήσει ήδη τα χαμηλότερα στρώματά της. Το επιφανειακό λοιπόν στρώμα δέχεται μια ελαστική δύναμη από τα χαμηλότερα στρώματα σούπας. Η δύναμη αυτή το αναγκάζει προς στιγμή να αντιστρέψει την περιστροφή του. Στη συνέχεια θα ήταν λογικό να συμβούν ταλαντώσεις του επιφανειακού στρώματος. Επειδή όμως η σούπα έχει μεγάλο ιξώδες, σβήνει σχεδόν ακαριαία τις ταλαντώσεις αυτές (απεριοδική ταλάντωση).

4.121 Το φαινόμενο αυτό (που ονομάζεται φαινόμενο Kaye) δεν έχει εξηγηθεί επαρκώς μέχρι τώρα, αν και εξαρτάται από την ελαστική φύση του υγρού.

Οι Collyer και Fisher υποθέτουν ότι η αναπήδηση οφείλεται σε μια γρήγορη αλλαγή στο ιξώδες της φλέβας του υγρού, καθώς αυτή χτυπά το υγρό του δοχείου. Τα υγρά, στα οποία παρουσιάζεται το φαινόμενο Kaye, είναι προφανώς θιξοτροπικά, μειώνεται δηλαδή το ιξώδες τους, όταν δέχονται διατμητικές δυνάμεις (βλ. ερ. 4.124). Έτσι, η φλέβα υγρού δεν υπόκειται σε διατμητικές δυνάμεις κατά την πτώση της, επομένως διατηρεί ένα σχετικά μεγάλο ιξώδες. Η ταχύτητά της όμως μεταβάλλεται γρήγορα, όταν προσκρούσει στο υγρό του δοχείου, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγάλες διατμητικές δυνάμεις, που ελαττώνουν το ιξώδες της.

Η φλέβα, τέλος, μετά την κρούση της, μπορεί να αναπηδά, διότι το υγρό έχει ελαστικότητα.

4.122 Καθώς περιστρέφεται το ιξωδελαστικό ρευστό, αναπτύσσονται μεταξύ των υγρών φλεβών του — οι οποίες εκτελούν κυκλική κίνηση — διατμητικές τάσεις.

Το αποτέλεσμα είναι να «συσπειρώνεται» το ρευστό προς το κέντρο περιστροφής του και να αναρριχάται στη ράβδο. Παρόμοιες τάσεις δεν αναπτύσσονται ασφαλώς σ' ένα κανονικό (Νευτώνιο) υγρό.

4.123 Η συμπίεση αναγκάζει τη στήλη του υγρού να κάμπτεται. Επειδή δεν είναι δυνατό να σπάσει κάτω απ' αυτές τις συνθήκες η στήλη του υγρού, ανακάμπτεται συνεχώς η άκρη της και σχηματίζει σπείρες, μια και το υγρό του πιάτου δεν μπορεί να απορροφά γρήγορα τις σπείρες αυτές.

4.124 Δε θα θέλαμε να εξηγήσουμε μέσα σε λίγες γραμμές πώς μειώνεται το ιξώδες ενός υγρού, όταν αυτό υπόκειται σε διατμητικές δυνάμεις.

Θα πούμε απλά ότι πρόκειται για αλλαγές στους μοριακούς σχηματισμούς εξαιτίας των διατμητικών δυνάμεων. Ένα μακρομόριο, για παράδειγμα, μπορεί να τεντωθεί κατά μήκος μιας ρευματικής γραμμής εξαιτίας της επί-

δρασης των διατμητικών δυνάμεων, με αποτέλεσμα να μειωθεί το ιξώδες του υγρού. Αμέσως μόλις πάψουν να υπάρχουν οι διατμητικές δυνάμεις, το μόριο παίρνει την προηγούμενη θέση του και το ιξώδες αυξάνεται πάλι.

4.125 Όταν το ιξωδελαστικό υγρό εξέρχεται από το στόμιο του σωληνάριου, μικραίνουν οι εσωτερικές τάσεις σ' αυτό. Ως αποτέλεσμα έχουμε τη διαστολή του υγρού. Ένα μοντέλο της διαδικασίας αυτής θεωρεί ότι, όσο χρόνο το υγρό βρίσκεται συμπιεσμένο μέσα στο σωληνάριο, τα μακρομόριά του είναι τεντωμένα. Μόλις όμως εξέρχεται από το στόμιο του σωληνάριου, τα μόριά του χαλαρώνουν και μικραίνουν το μήκος τους με άμεση συνέπεια την εξόγκωση του ρευστού.

4.126 και 4.127 Και τα δυο φαινόμενα είναι παραδείγματα ελαστικής αποκατάστασης υγρού. Η σιλικόνη έχει μεγάλο ιξώδες, το οποίο όμως ελαττώνεται, όταν αναπτύσσονται σ' αυτήν σχετικά μικρές διατμητικές δυνάμεις. Εάν οι διατμητικές δυνάμεις είναι μεγάλες, η σιλικόνη θραύεται.

4.128 Το ιξώδες της κινούμενης άμμου μεγαλώνει, όταν αναπτύσσονται σ' αυτήν διατμητικές δυνάμεις. Έτσι, αν προσπαθήσετε να τραβήξετε γρήγορα το σώμα σας έξω από την άμμο, θα διαπιστώσετε ότι αυτό είναι αδύνατο. Πρέπει να κινηθείτε αργά, ώστε το ιξώδες της να έχει τη μικρότερη δυνατή τιμή.

Τα μάτια των ζώων, τα οποία έχουν βουλιάξει στην κινούμενη άμμο, «πετάγονται» έξω, διότι υπάρχει στο κάτω μέρος του σώματός τους μεγάλη υδροστατική πίεση, που οφείλεται στην πυκνότητα της κινούμενης άμμου (το μείγμα άμμου - νερού έχει μεγαλύτερη πυκνότητα απ' ό,τι το καθαρό νερό).

4.129 Αν ο κύλινδρος περιστρέφεται αργά, η χρωστική ουσία απλώνεται σε λεπτό στρώμα, το οποίο, όσο περιστρέφεται το δοχείο, διαρκώς περιελίσσεται.

Προσέχοντας να αρχίσει η αντίστροφη διαδικασία, πριν διαχυθεί η χρωστική (εξαιτίας της θερμικής κίνησης των μορίων), οι σπείρες της ξετυλίγονται και η χρωστική συγκεντρώνεται πάλι με την αρχική της μορφή στην αρχική της θέση.

5

5.1 Για να σχηματιστεί ένα σαφές είδωλο στον αμφιβληστροειδή χειτώνα, πρέπει να διαθλαστεί το φως στο μάτι σας. Τα δύο τρίτα περίπου της διάθλασης γίνονται στην επιφάνεια του ματιού. Εάν όμως το νερό βρίσκεται σε επαφή με το μάτι, η διάθλαση αυτή «χάνεται», γιατί ο δείκτης διαθλάσεως των υλικών του ματιού είναι περίπου ίσος μ' αυτόν του νερού. Εάν φορέσετε μάσκα, το στρώμα του αέρα, που υπάρχει μπροστά στα μάτια, εξασφαλίζει τη φυσιολογική διάθλαση. Το ψάρι που βλέπει ταυτόχρονα στο νερό και στον αέρα, διαθέτει σε κάθε μάτι δύο αμφιβληστροειδείς χιτώνες κι ένα φακό σε σχήμα αυγού. Το μέρος του φακού, που βρίσκεται βυθισμένο στο νερό, είναι περισσότερο καμπυλωμένο ώστε να αντισταθμίζει τη διάθλαση των φωτεινών ακτίνων, που προέρχονται από τον υποβρύχιο κόσμο.

5.2 Ο άνθρωπος θα ήταν αόρατος, αν η τιμή του δείκτη διαθλάσεώς του ήταν ίση μ' αυτήν του αέρα, που είναι ελάχιστα μεγαλύτερη του 1 – τιμή του δείκτη διαθλάσεως του κενού. Μια τιμή μεγαλύτερη θα προκαλούσε διάθλαση των ακτίνων οι οποίες προέρχονταν από αντικείμενα που βρίσκονταν πίσω του. Αυτή θα πρόδιδε και την παρουσία του· υπαίτια θα ήταν η παραμόρφωση των ειδώλων, πολύ περισσότερο όταν περπατούσε. Παράλληλα, για να μπορεί ο άνθρωπος να βλέπει, πρέπει να απορροφά ένα μέρος από το φως, που πέφτει πάνω του. Μια τέτοια απορρόφηση πρέπει να είναι μικρή ώστε να μην καταστεί ο άνθρωπος σκοτεινή σιλουέτα. Συμπεραίνοντας, μπορούμε να πούμε ότι ο δείκτης διαθλάσεως πρέπει να έχει ένα πραγματικό μέρος με τιμή περίπου 1, και ένα φανταστικό μέρος με μια αρκετά μεγάλη τιμή, ώστε ο αόρατος άνθρωπος να απορροφά αρκετό φως για να βλέπει, όχι όμως τόσο πολύ που να προδίδει την παρουσία του.

5.3 Το νερό αναρριχάται στο μολύβι λόγω τριχοειδών φαινομένων, καμπυλώνοντας το τμήμα της επιφανείας του νερού, που βρίσκεται κοντά του. Η καμπυλωμένη επιφάνεια διαθλά το φως αυτό που σε άλλες συνθήκες θα συμπλήρωνε τη σκιά του μολυβιού· το αποτέλεσμα είναι να σχηματίζεται το φωτεινό διάστημα.

5.4 Το είδωλο του νομίσματος εμφανίζεται στην επιφάνεια του νερού, διότι οι φωτεινές ακτίνες, που ξεκινούν απ' αυτό, ανακλώ-

νται στο τοίχωμα του ποτηριού στην αντίθετη πλευρά από σας, κατευθύνονται στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού και καθώς εξέρχονται, διαθλώνται έτσι, ώστε να φτάσουν στα μάτια σας. Εάν τοποθετήσετε το βρεγμένο χέρι σας στο τοίχωμα του ποτηριού (στην αντίθετη πλευρά από σας), θα αποτρέψετε την παραγωγή της πρώτης ανάκλασης. Ένα στεγνό χέρι ασκεί πολύ μικρότερη επίδραση, διότι έχει σχετικά μικρή επαφή με το γυαλί. Το νερό που υπάρχει στο βρεγμένο χέρι, γεμίζει το διάστημα μεταξύ των σημείων επαφής χεριού και ποτηριού. Επειδή οι δείκτες διαθλάσεως του νερού και του γυαλιού είναι ίσοι, το «γέμισμα» αυτού του κενού διαστήματος αυξάνει την επιφάνεια επαφής χεριού και ποτηριού σε 100%. Ένα μεγάλο μέρος των φωτεινών ακτίνων, που ξεκινούν από το νόμισμα και προσπίπτουν σ' αυτή την επιφάνεια, απορροφώνται και χάνονται. Χάνεται συνεπώς και το είδωλο, που δημιουργείται στην επιφάνεια.

5.5 Οι φωτεινές ακτίνες που προέρχονται από αντικείμενα, τα οποία βρίσκονται μέσα στο νερό, διαθλώνται στη διαχωριστική επιφάνεια νερού και αέρα, κλίνουν προς αυτήν και μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η εντύπωση ότι τα αντικείμενα βρίσκονται ψηλότερα από την πραγματική τους θέση. Όταν κοιτάξετε κανονικά, δηλαδή όταν τα μάτια σας βρίσκονται στην ίδια οριζόντια γραμμή, η απόσταση που χωρίζει το αντικείμενο από το κάθε μάτι, είναι ίδια. Αν όμως γείρετε το κεφάλι σας έτσι που να βρεθούν τα μάτια σας στην ίδια κατακόρυφη γραμμή, οι ακτίνες που θα φθάνουν στο ένα μάτι σας, θα έχουν διαθλαστεί στην επιφάνεια του νερού με διαφορετική γωνία απ' ό,τι αυτές που φθάνουν στο άλλο σας μάτι. Όταν προεκτείνετε νοητά τις ακτίνες αυτές, για να προσδιορίσετε τη φαινόμενη θέση του αντικειμένου, θα το βλέπετε όχι μόνο πιο ψηλά αλλά και πιο κοντά σας.

5.6 Οι φωτεινές ακτίνες, που διαπερνούν το πρώτο τζάμι, ανακλώνται μερικώς στην εσωτερική επιφάνεια του δεύτερου τζαμιού. Αυτή η μερική ανάκλαση είναι ασήμαντη συνήθως, διότι το μεγαλύτερο μέρος του φωτός διαπερνά το δεύτερο τζάμι. Αν όμως η πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα είναι διαφορετική από την πίεση του αέρα που βρίσκεται ανάμεσα στα δύο τζάμια, τότε τα τζάμια δεν είναι παράλληλα, οπότε ένα μέρος από το φως που ανακλάται στην εσωτερική επιφάνεία, μπορεί να δημιουργήσει ένα ασθενικό, ορατό όμως είδωλο. Ας θεωρήσουμε ότι μια ακτίνα φεύγει από ένα αντικείμενο, που βρίσκεται έξω απο το δωμάτιο και διαπερνά το πρώτο τζάμι, αρχικά οριζόντια. Το περισσότερο απ' αυτό το φως διαπερνά το δεύτερο τζάμι και εισχωρεί στο δωμάτιο. Εάν αυτό το φως ήταν το μόνο που φτάνει στα μάτια μας, θα σχηματιζόταν ένα είδωλο χωρίς παραμορφώσεις. Ένα μέρος όμως του φωτός ανακλάται στην εσωτερική επιφάνεια του δεύτερου τζαμιού, στέλνεται στο πρώτο, ανακλάται και πάλι και επιστρέφει στο δεύτερο τζάμι που το διαπερνά, και τελικά μπαίνει μέσα στο δωμάτιο. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα δεύτερο πιο ασθενικό είδωλο του αντικειμένου. Αν δεν είναι παράλληλα τα δύο τζάμια, το δεύτερο είδωλο που αναφέραμε, δε συμπίπτει με το πρώτο.

5.7 έως 5.11 Όλα αυτά τα προβλήματα (με εξαίρεση την ιστορία του πουλιού στην ερ. 5.9) είναι παραδείγματα αντικατοπτρισμού και βασίζονται στη μεταβολή του δείχτη διαθλάσεως του αέρα σε σχέση με την απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους. Ο δείκτης διαθλάσεως του αέρα εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία του. Η φαινομένη ανύψωση αντικειμένων (που είναι αυτή που ονομάζουμε «ανώτερο» αντικατοπτρισμό) δημιουργείται, όταν αυξάνει η θερμοκρασία του αέρα ανάλογα με το ύψος από το έδαφος. Οι φωτεινές ακτίνες που φτάνουν σ' εμάς, προέρχονται από απομακρυσμένα αντικείμενα, π.χ. ένα βουνό, τα οποία και τις εκπέμπουν προς τον ουρανό. Αυτές λοιπόν διαθλώνται όλο και πιο πολύ (εξαιτίας της αύξησης του δείκτη διαθλάσεως, γεγονός που οφείλεται στη συνεχή αύξηση της θερμοκρασίας), παθαίνουν ολική ανάκλαση σε κάποιο ύψος, κλίνουν προς το έδαφος και έτσι φτάνουν στα μάτια μας. Εμείς τις προεκτείνουμε νοητά, ευθύγραμμα, και έτσι νομίζουμε ότι το αντικείμενο (το βουνό) βρίσκεται ψηλότερα απ' ό,τι στη πραγματικότητα. Μ' άλλα λόγια το είδωλο του αντικειμένου εμφανίζεται πάνω απ' αυτό. Η ψεύτικη όαση είναι ένας «κατώτερος» αντικατροπτισμός, διότι το είδωλο εμφανίζεται κάτω από την πραγματική θέση του αντικειμένου. Συμβαίνει, όταν η θερμοκρασία του αέρα μικραίνει ανάλογα με το ύψος από το έδαφος. Σ' αυτή την περίπτωση οι φωτεινές ακτίνες, που προέρχονται από το αντικείμενο,

π.χ. ένα δέντρο, διαθλώνται, ταξιδεύοντας προς το έδαφος, αποκλίνουν προς τα πάνω και καταλήγουν στον παρατηρητή, που προεκτείνοντάς τις νοητά νομίζει ότι υπάρχει μπροστά του μια υδάτινη επιφάνεια. Οι μεταβολές της διάθλασης εξαιτίας του θερμού αέρα δίνουν την ψευδαίσθηση νερού που κυματίζει. Ο πελαργός δεν είδε έναν τέτοιο αντικατροπτισμό, διότι οι φωτεινές ακτίνες που προέρχονται από τόν ουρανό, ήταν αδύνατο να διαθλασθούν τόσο, ώστε να ανέλθουν μέχρι τον πελαργό, δημιουργώντας τόσο μεγάλη γωνία με το έδαφος. Ο αντικατροπτισμός της Μάγισσας Morgana είναι πολυπλοκότερος, διότι η μεταβολή της θερμοκρασίας, η οποία τον προκαλεί σε συνάρτηση με το ύψος, δεν είναι γραμμική. Η θερμοκρασία αυξάνει γρήγορα μέχρι ένα ενδιάμεσο ύψος αλλά από κει και πάνω η αύξηση είναι πιο αργή. Η μεταβολή θερμοκρασίας του είδους αυτού (που περιλαμβάνει όμως μια εντονότερη καθυστέρηση αύξησης από τα ενδιάμεσα ύψη και πάνω), μπορεί να δημιουργήσει και αντικατοπτρισμό τριών ειδώλων.

5.12 Η μία όψη των περισσοτέρων «μονόδρομων κατόπτρων» (αυτή για παράδειγμα που βλέπει σ' ένα δωμάτιο ανάκρισης κακοποιών) φωτίζεται πιο πολύ από την άλλη (που βλέπει στο διπλανό δωμάτιο παρακολούθησης). Μέρος των φωτεινών ακτίνων του δωματίου ανάκρισης ανακλάται στο τζάμι· έτσι, αν το διπλανό δωμάτιο είναι σχετικά σκοτεινό, αυτοί που βρίσκονται στο δωμάτιο ανάκρισης, θα βλέπουν μόνο το ανακλώμενο φως και θα νομίζουν ότι το τζάμι είναι κάτοπτρο. Οι παρατηρητές αντίθετα στο διπλανό δωμάτιο θα δέχονται τις ακτίνες που περνάνε μέσα από το τζάμι, και εύκολα θα μπορούν να παρακολουθούν ό,τι θα διαδραματίζεται στο δωμάτιο ανάκρισης. Το φαινόμενο αυτό ενισχύεται, εάν καλυφθεί το τζάμι από τη μεριά των παρατηρητών μ' ένα πολύ λεπτό στρώμα μετάλλου. Αυξάνει με τον τρόπο αυτό η ανάκλαση του φωτός, ταυτόχρονα όμως περνά τόσο φως, όσο χρειάζεται για να βλέπουν οι παρατηρητές.

5.13 Ακόμη και όταν βρίσκεται η σελήνη μέσα στη σκιά της γης, το φως του ηλίου μπορεί να τη φωτίσει, διότι μπορεί να διαθλαστεί στην ατμόσφαιρα της γης και να κατευθυνθεί έτσι στη σκιερή περιοχή. Η διάθλαση όμως αυτή αφαιρεί την κυανή περιοχή του φάσματος του ορατού φωτός για τον ίδιο λόγο που ο ουρανός φαίνεται γαλάζιος (βλ. ερ. 5.58) και επιτρέπει τη διάδοση του φωτός που αντιστοιχεί στην ερυθρή περιοχή του φάσματος. Το ηλιακό φως λοιπόν, που υφίσταται σημαντική διάθλαση, για να φωτίσει τη σελήνη, είναι κόκκινο. Σε παρόμοιο «ακρωτηριασμό» του φάσματος του ορατού φωτός οφείλεται το κόκκινο χρώμα του ουρανού την ώρα της δύσης και της ανατολής του ηλίου (βλ. ερ. 5.57).

5.14 Συνήθης αιτία των αντικατοπρισμών είναι η διάθλαση του φωτός (βλ. ερ. 5.7). Αυτή, πάντως η ιδιάζουσα οφθαλμαπάτη φαίνεται πως οφείλεται στο φαινόμενο της ανάκλασης. Η κοπέλα είδε το είδωλό της λόγω ανάκλασης μάλλον του φωτός στην αραιή ομίχλη. Για τους αντικατοπτρισμούς που οφείλονται στην ανάκλαση, έχει δημοσιευθεί αυτή η υποθετική εξήγηση και μόνο. Το πρόβλημα της εξήγησής τους δεν έχει βρει ακόμη οριστική απάντηση.

5.15 Δεν υπάρχει μια και μόνη εξίσωση, που να μας δίνει τον αριθμό των ειδώλων, που δημιουργούνται από δύο κάτοπτρα, σε συνάρτηση με τη γωνία τους και τη γωνιακή θέση του αντικειμένου σε σχέση με τα κάτοπτρα. Η πληρέστερη εργασία στο πρόβλημα αυτό οφείλεται στον Chai. Βλέπε το άρθρο του: «The number of images of an Object between two plane Mirrors» στο American Journal of Physics 39, 1390, 1971.

5.16 Η πράσινη αναλαμπή οφείλεται στο διαχωρισμό των χρωμάτων του ηλιακού φωτός από τη γήινη ατμόσφαιρα. Το φαινόμενο είναι παρόμοιο με αυτό που συμβαίνει μ' ένα διαφανές πρίσμα. Όταν εισχωρεί στη γήινη ατμόσφαιρα μια ακτίνα ηλιακού φωτός, επειδή διαθλάται, γίνεται περισσότερο κατακόρυφη, με συνέπεια να δίνει ο ήλιος την εντύπωση ότι βρίσκεται ψηλότερα στον ουρανό απ' ό,τι συμβαίνει στην πραγματικότητα. Τα πιο μικρά μήκη κύματος (κυανή περιοχή του φάσματος) του φωτός διαθλώνται περισσότερο από τα μεγάλα (ερυθρή περιοχή του φάσματος). Θα έπρεπε επομένως να υπάρχει στον ουρανό ένα γαλάζιο είδωλο του ηλίου, λίγο ψηλότερα από ένα ερυθρό, και ανάμεσά τους να υπάρχουν είδωλα του ηλίου με τα υπόλοιπα χρώματα του φάσματος. Το γαλάζιο χρώμα όμως χάνεται εξαιτίας της ατμοσφαιρικής σκέδασης (βλ. ερ. 5.58) και το επόμενο είδωλο είναι το πράσινο. Το πράσινο λοιπόν είναι το τελευταίο χρώμα που βλέπουμε, καθώς χάνεται το είδωλο του ηλίου πίσω

από τον ορίζοντα.

5.17 Η ζάχαρη, όταν δεν την έχουμε ανακατέψει, προκαλεί μεταβολή του δείκτη διαθλάσεως σε συνάρτηση με το βάθος. Ο δείκτης διαθλάσεως εμφανίζει τη μέγιστη τιμή του στον πυθμένα του δοχείου, όπου υπάρχει η περισσότερη ζάχαρη. Όταν εισχωρεί η δέσμη του λέϊζερ στο διάλυμα με μια μικρή αρχικά κλίση προς τα κάτω, διαθλάται συνεχώς, κλίνει ολοένα περισσότερο προς τα κάτω, καθώς συναντά στρώματα με μεγαλύτερο δείκτη διαθλάσεως, και καταλήγει να ανακλασθεί στον πυθμένα του δοχείου. Στη συνέχεια, όμως, καθώς διαδίδεται προς τα πάνω, συναντά και πάλι στρώματα με δείκτη διαθλάσεως συνεχώς ελαττούμενο· έτσι διαθλάται συνεχώς. Με το ίδιο μοντέλο διαθλάσεως (όπου όμως ο ήχος αντικαθιστά το φως) ασχοληθήκαμε στις ερωτήσεις 1.29 και 1.38.

5.18 Οι ακτίνες του ηλιακού φωτός διαθλώνται από την ατμόσφαιρα. Όσο πιο κοντά βρίσκεται ο ήλιος στον ορίζοντα, τόσο πιο μεγάλη είναι η διάθλασή τους. Ας υποθέσουμε ότι το κατώτερο τμήμα της περιφέρειας του ηλίου μας δίνει την εντύπωση ότι εφάπτεται στον ορίζοντα. Αν δε συνέβαινε η διάθλαση, το χαμηλότερο σημείο της περιφέρειας του ηλίου θα βρισκόταν λίγο περισσότερο από μισή μοίρα κάτω από τον ορίζοντα. Ακόμη, το ψηλότερο σημείο της περιφέρειας βρίσκεται λιγότερο από μισή μοίρα κάτω από τη θέση, που θα βρισκόταν, αν δε συνέβαινε η διάθλαση. Η κατακόρυφη συνεπώς διάμετρος του ηλίου φαίνεται λίγο μικρότερη από αυτήν, που θα είχε, όταν βρισκόταν στο ζενίθ του τόπου (περίπου 6 πρώτα λεπτά της μοίρας). Η οριζόντια διάμετρος υφίσταται μια πολύ μικρή συρρίκνωση εξαιτίας της διαθλάσεως (περίπου μισό λεπτό της μοίρας). Όταν, λοιπόν, ο ήλιος βρίσκεται στον ορίζοντα μας φαίνεται ότι έχει ελλειπτικό σχήμα. (Μη συγχέετε τη διάθλαση του είδους αυτού με την οφθαλμαπάτη της ερ. 5.133).

5.19 Η μπλε ταινία παράγεται από την ανάκλαση του γαλανού ουρανού στα κύματα, που υπάρχουν στη γραμμή του ορίζοντα. Η μέση συνεισφορά της ανάκλασης αυτής, σύμφωνα με την απάντηση της ερ. 5.20, προέρχεται από το τμήμα του ουρανού, που βρίσκεται 30 μοίρες πάνω από τον ορίζοντα. Αυτό το τμήμα κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας έχει μπλε χρώμα, βαθύτερο από το υπόλοιπο τμήμα. Το ίδιο θα συμβαίνει κατά συνέπεια και με την ταινία. Η ανάκλαση πολώνει το φως παράλληλα με την επιφάνεια του νερού. (βλ. ερ. 5.49).

5.20 Δεν έχουν φυσικά όλα τα κύματα κλίση 15°. Η μεγαλύτερη όμως ποσότητα του φωτός που διαχέεται από τα κύματα του ορίζοντα, προέρχεται από το τμήμα του ουρανού, που βρίσκεται 30° πάνω από τον ορίζοντα. Συνολικά πάντως το αποτέλεσμα είναι το ίδιο, σαν να ήταν η κλίση όλων των κυμάτων 15°. Τα κύματα που έχουν μικρή κλίση, είναι πιο συχνά σε σύγκριση μ' αυτά που έχουν μεγάλη κλίση αλλά «ανακλούν» μικρό μέρος του ουρανού. Τα κύματα με λίγο μεγαλύτερη κλίση είναι λιγότερα αλλά «ανακλούν» ένα μεγαλύτερο τμήμα του ουρανού. Τα κύματα με ακόμη μεγαλύτερη κλίση είναι τόσο σπάνια, που δεν έχουν καμιά επίδραση στο φαινόμενο. Τελικά, το τμήμα του ουρανού που βρίσκεται 30° πάνω από τον ορίζοντα, είναι αυτό που «ανακλάται» πιο έντονα στα κύματα του ορίζοντα, ενώ το τμήμα του ουρανού που βρίσκεται χαμηλότερα από 30°, «ανακλάται» πολύ λιγότερο, με αποτέλεσμα να μην το βλέπουμε.

5.21 Η τυχαία κλίση των κυμάτων του νερού «εξαπλώνει» το είδωλο της φωτεινής πηγής (του ήλιου, της σελήνης ή μιας τεχνητής πηγής φωτός). Η εξάπλωση προς τα δεξιά ή αριστερά είναι μικρότερη από αυτήν που συμβαίνει ανάμεσα στον παρατηρητή και τον ορίζοντα, εξαιτίας της γεωμετρίας της ανάκλασης ως προς τον παρατηρητή. Το πηλίκο του πλάτους προς το μήκος του φωτεινού ειδώλου ισούται με το ημθ όπου θ είναι η γωνία πηγής — ειδώλου — ορίζοντα. Το σκοτεινό τρίγωνο που βλέπουμε πάνω από τον ορίζοντα, οφείλεται σ' ένα φαινόμενο αντίθεσης. Αν τοποθετήσετε το χέρι σας μπροστά στο οπτικό σας πεδίο, σκεπάζοντας το φωτεινό είδωλο, θα εξαφανίσετε την οφθαλμαπάτη αυτή.

5.22 Ένα ύφασμα μπορεί να είναι γυαλιστερό, όταν η πλέξη του είναι κανονική, όταν δηλαδή οι ίνες του σχηματίζουν επιφάνεια αυλακωτή. Όταν παρατηρούμε ένα τέτοιο ύφασμα υπό ορισμένες γωνίες, η ανάκλαση του φωτός είναι σχετικά μεγάλη. Αν όμως η παρατήρηση γίνει κάτω από άλλες γωνίες, η ανάκλαση θα είναι ασθενική. Έτσι, εάν μετακινούμε το ύφασμα κάτω από ένα

φως, θα παρατηρούμε ότι μερικές στιγμές η ανάκλαση είναι έντονη και άλλες ασθενική. Μ' άλλα λόγια το ύφασμα θα γυαλίζει. Η μεγίστη ανάκλαση συμβαίνει, όταν η κάθετη ευθεία πάνω στα νήματα διχοτομεί τη γωνία, που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα και η ανακλώμενη προς το μάτι του παρατηρητή.

5.23 Ο οφθαλμός σχηματίζει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα ένα πραγματικό και ανεστραμμένο είδωλο του καρφιού. Το καρφί όμως εμφανίζεται όρθιο, διότι ο εγκέφαλος αντιστρέφει το είδωλο, όταν «ερμηνεύει» το ερέθισμα. Το καρφί δημιουργεί επίσης στον αμφιβληστροειδή μια σκιά ίδιου προσανατολισμού μ' αυτό. Επειδή όμως ο εγκέφαλος αντιστρέφει το είδωλο, που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή, αντιλαμβάνεται τη σκιά ανεστραμμένη.

5.24 Η βέλτιστη ακτίνα της οπής είναι περίπου $\sqrt{0{,}6 \cdot \lambda \cdot f}$, όπου λ είναι το μήκος κύματος του φωτός και f η απόσταση μεταξύ της οπής και του παραπετάσματος ή του φωτογραφικού φιλμ. Μια μεγαλύτερη οπή δίνει θολές φωτογραφίες, χωρίς σαφήνεια. Μια πιο μικρή οπή δημιουργεί φαινόμενα περίθλασης. (Η περίθλαση είναι φαινόμενο συμβολής, που οφείλεται στην κυματική φύση του φωτός. Μια ανάλογη περίθλαση ήχου περιγράφηκε στις ερωτήσεις 1.42 και 1.43). Η απλοϊκή φωτογραφική μηχανή, που περιγράφεται στην ερώτηση, παρουσιάζει χρωματικό σφάλμα διότι η βέλτιστη απόσταση του φωτογραφικού φιλμ από μια οπή, με δοσμένη διάσταση, είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος του φωτός, το οποίο όμως μεταβάλλεται από 0,4 μικρά του μέτρου (μπλε) έως 0,65 μικρά (ερυθρό).

5.25 Τα είδωλα σχηματίζονται όπως στο σκοτεινό θάλαμο της ερ. 5.24, από τις μικρές τρύπες μεταξύ των φύλλων. Τα είδωλα αυτά υπάρχουν πάντοτε αλλά «πνίγονται» συνήθως από τη μεγάλη αντηλιά. Κατά τη διάρκεια όμως μιας έκλειψης η αντηλιά μειώνεται σημαντικά.

5.26 Το φως που πέφτει πάνω στις δροσοσταλίδες, ανακλάται έντονα και επιστρέφει προς τον ήλιο, συμβαίνει δηλαδή αναστροφή στη διάδοσή του. Η ανάκλαση γίνεται κατά ένα μέρος στην μπροστινή επιφάνεια της σταγόνας και κατά ένα άλλο στην πίσω της επιφάνεια και μάλιστα σε σημείο που βρίσκεται στην προέκταση του άξονα που συνδέει τα μάτια σας με τον ήλιο. Το φως που πέφτει στις δροσοσταλίδες υπό άλλες γωνίες, είναι δυνατό να ανακλάται και στην πίσω τους επιφάνεια.

5.27 Ένα ανακλαστικό που αναγκάζει το φως να επιστρέφει στην πηγή του, ακόμα και όταν αυτή δε βρίσκεται πάνω στον κεντρικό του άξονα, το ονομάζουμε αντανακλαστικό. Μπορεί να έχει τη μορφή σφαίρας (βλ. ερ. 5.26) ή τριγωνικού πρίσματος ή να περιέχει κάτοπτρα και φακούς. Ένα «τέλειο» αντανακλαστικό δεν έχει πρακτική εφαρμογή, διότι η θέση του ματιού σπάνια συμπίπτει μ' αυτήν της φωτεινής πηγής. Τα περισσότερα πάντως αντανακλαστικά είναι «ατελή», με την έννοια ότι δημιουργούν ένα φωτεινό κώνο, μεγαλύτερο από αυτόν που δέχονται. Ένα απλό αντανακλαστικό αποτελείται από τρία κάτοπτρα, που σχηματίζουν μια τρίεδρη γωνία και είναι ανά δύο σχεδόν κάθετα*. Μια φωτεινή ακτίνα, που εισέρχεται με οποιαδήποτε διεύθυνση στην τρίεδρη γωνία, ανακλάται διαδοχικά και στα τρία κάτοπτρα, οπότε εξέρχεται αντιπαράλληλη με την προσπίπτουσα.

* Σ.τ.Μ: Ονομάζεται τριπλό κάτοπτρο. Θα μπορούσε να είναι ένα εντελώς όμοιο διαφανές πρίσμα (ονομάζεται μάτι της γάτας), που δημιουργεί το ίδιο αποτέλεσμα αλλά με τη βοήθεια του φαινομένου της ολικής ανάκλασης.

5.28 Οι σταγόνες εστιάζουν το φως, δημιουργώντας το είδωλο του ηλίου στα φύλλα, πράγμα που τελικά τα καίει.

5.29 Ο τυχαίος σχηματισμός των κυμάτων ανακλά το φως προς τα μάτια σας. Η οφθαλμαπάτη συνίσταται στο γεγονός ότι οι ακτίνες του φωτός, που ξεκινούν από τη σκιά του κεφαλιού σας, οφείλονται στον απαραίτητο προσανατολισμό που πρέπει να έχει το ανακλώμενο φως, για να φτάσει σε σας και στη συνεχή μεταβολή των στιγμιοτύπων των κυμάτων.

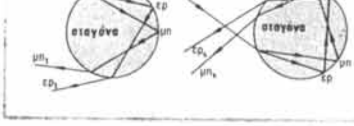
5.30 Οι γάτες καθώς και μερικά άλλα ζώα έχουν αντανακλαστικά μάτια, που είναι εμφανή όμως, όταν ο χώρος γύρω τους είναι σκοτεινός. Τα μάτια τους περιέχουν ένα φακό και ένα κυρτό κάτοπτρο, που ξαναστέλνει το φως προς τη φωτεινή πηγή, σχηματίζοντας ένα φωτεινό κώνο. Τα μάτια των σαρκοφάγων ζώων περιέχουν ένα στρώμα κρυστάλλων

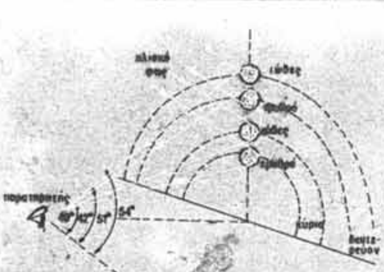
ψευδαργυρικής κυστεΐνης πίσω από τον αφιβληστροειδή, που τους εξασφαλίζει ένα μεγάλο συντελεστή ανάκλασης.

5.31 Η οριζόντια γραμμή δείχνει το ύψος, από το οποίο το χιόνι αρχίζει να λιώνει, καθώς πέφτει. Το χιόνι που υπάρχει πάνω απ' αυτήν την γραμμή, ανακλά το φως περισσότερο από τις σταγόνες του νερού, που υπάρχουν κάτω απ' αυτήν.

5.32 Το φως που αναδύεται από τη σταγόνα του νερού, παρουσιάζει μεγάλη γωνιακή διασπορά αλλά το πιο έντονο φως αναδύεται με γωνίες που αντιστοιχούν στο ουράνιο τόξο (στη γεωμετρική οπτική λέμε ότι αυτή η γωνία είναι εκείνη που παρουσιάζει μέγιστη πυκνότητα αναδυομένων ακτίνων). Επειδή τα διάφορα μήκη κύματος του ορατού φωτός υφίστανται διαφορετική διάθλαση (το μπλε διαθλάται περισσότερο από το ερυθμό), η ακριβής γωνία μέγιστης πυκνότητας αναδυομένων ακτίνων διαφέρει λίγο από χρώμα σε χρώμα. Επομένως, κατά τη διεύθυνση του ουράνιου τόξου τα χρώματα δεν είναι μόνο ζωηρά αλλά και ελαφρώς διαχωρισμένα για να τα διακρίνουμε (βλ. και ερ. 5.44). Και όμως ο διαχωρισμός των χρωμάτων του ορατού φωτός στο ουράνιο τόξο δε γίνεται πρισματικά. Η πρώτη ένδειξη για την πραγματική του φύση δίνεται από την ύπαρξη των υπεράριθμων τόξων (βλ. ερ. 5.34). Η σειρά των χρωμάτων στο δευτερεύον τόξο (που βρίσκεται ψηλότερα στον ουρανό από το κύριο και εμφανίζεται σπανιότερα απ' αυτό) είναι αντίθετη διότι οι φωτεινές ακτίνες που το παράγουν, ανακλώνται δύο φορές στο εσωτερικό της σταγόνας. Αυτός εξάλλου είναι ο λόγος που αναδύονται με διαφορετική γωνία απ' ό,τι στο πρωτεύον.* Επειδή το μπλε διαθλάται πιο πολύ από το ερυθρό, οι σταγόνες που δημιουργούν το μπλε του δευτερεύοντος τόξου, βρίσκονται λίγο πιο ψηλά από αυτές που παράγουν το κόκκινο. Στο κύριο τόξο όμως συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο λόγω της μίας και μόνο ανάκλασης των ακτίνων στο εσωτερικό των σταγόνων. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα δύο αυτά τόξα έχουν αντίθετη σειρά χρωμάτων. Στο εργαστήριο έχουν παρατηρηθεί περισσότερα από δύο ουράνια τόξα. Μερικοί λένε ότι έχουν δει στον ουρανό τόξο τρίτης τάξεως (που αντιστοιχεί σε τρεις εσωτερικές ανακλάσεις), όταν ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά και κάτω από σύννεφα, αρκετά σκοτεινά. Γενικά όμως δε βλέπουμε τα ανώτερης τάξεως τόξα, επειδή το φως τους είναι ασθενέστερο απ' αυτό που ανακλάται στην επιφάνεια των σταγόνων, ή αυτό που διασχίζει τις σταγόνες, χωρίς να ανακλασθεί στο εσωτερικό τους, ή από το διάχυτο φωτισμό του ουρανού.

*Σ.τ.Μ:





5.33 Η άνιση κατανομή του ερυθρού οφείλεται στην κατακόρυφη διαπλάτυνση των σταγόνων, καθώς πέφτουν. Η διαπλάτυνση προκαλείται από τη ροή του αέρα γύρω από τις σταγόνες. Επειδή η οριζόντια τομή τους παραμένει κυκλική, τα χρώματα των κατακόρυφων τμημάτων (βάσεων) του ουράνιου τόξου έχουν τα συνηθισμένα χρώματά του, διότι το φως που τα σχηματίζει, διασχίζει τις σταγόνες οριζόντια. Το φως όμως που καταλήγει στην κορυφή του τόξου, πρέπει να περνά από μια πεπλατυσμένη τομή της σταγόνας, με αποτέλεσμα το κόκκινο να απομακρύνεται και να μετατοπίζεται προς τα κάτω. Έτσι λοιπόν μειώνεται η παρουσία του κόκκινου σ' όλο το ουράνιο τόξο (εξαιρούνται τα κατακόρυφα τμήματά του). Οι μικρότερες σταγόνες παραμορφώνονται λιγότερο από τη ροή του αέρα και έτσι συνεισφέρουν ομοιόμορφα σε όλο το μήκος του ουράνιου τόξου.

5.34 Ο ακριβής υπολογισμός της εντάσεως και της κατανομής των χρωμάτων ενός ουράνιου τόξου απαιτεί την εγκατάλειψη από την πλευρά μας, της γεωμετρικής οπτικής και τη μελέτη σύμφωνα με την κυματική φύση του φωτός. Ακόμη και αν είναι επίπεδο το προσπίπτον φωτεινό κύμα, δεν είναι επίπεδο το αναδυόμενο από τις σταγόνες: έτσι το τελευταίο δίνει σχήματα συμβολής. Οι φωτεινοί κροσσοί (δηλαδή οι πιο φωτεινές ζώνες αυτών των σχημάτων) είναι τα συνήθη λαμπρά χρώματα του κανονικού ουράνιου τόξου. Μ' αυτόν τον τρόπο τίποτα το ουσιαστικό δεν αλλάζει στην κυματική προσέγγιση σε σχέση με την προηγούμενη γεωμετρική (βλ. απ. 5.32). Επιπρόσθε-

τα, όμως, ερμηνεύονται μερικά «λεπτά» φαινόμενα. Οι γωνιακές θέσεις των χρωμάτων προσδιορίζονται τώρα πολύ πιο συγκεκριμένα. Η αλλαγή των χρωμάτων υπολογίζεται σε συνάρτηση με το μέγεθος των σταγόνων (βλ. ερ. 5.44). Αλλά το πιο σημαντικό γεγονός, που ερμηνεύει η κυματική προσέγγιση, είναι τα «περιστασιακά» ασθενέστερα, τόξα, που εμφανίζονται κάτω από το κύριο και πάνω από το δευτερεύον, εξαιτίας της συμβολής. Αυτά τα συμπληρωματικά τόξα είναι κάποιοι άλλοι φωτεινοί κροσσοί.

Τα βλέπουμε σπάνια, διότι είναι ασθενέστερα από τα προηγούμενα και διότι η ορατότητά τους εξαρτάται από την ομοιομορφία του μεγέθους των σταγόνων.

5.35 Υπάρχει κάποια φωτεινότητα προς τη διεύθυνση του ουράνιου τόξου (που προέρχεται από το διάχυτο φως του ουράνιου θόλου) και κάποια λάμψη (που οφείλεται στην ανάκλαση του ηλιακού φωτός στην εξωτερική επιφάνεια των σταγόνων). Κάτω από το κύριο τόξο υπάρχει επίσης το φως, που ανακλάται μια φορά στο εσωτερικό των σταγόνων. Το μεγαλύτερο μέρος του φωτίζει την περιοχή του κύριου τόξου αλλά και χαμηλότερα απ' αυτό (ποτέ όμως ψηλότερα). Ανάλογη αλλά αντίστροφη είναι η περίπτωση του φωτός, που ανακλάται δυο φορές στο εσωτερικό των σταγόνων. Το μεγαλύτερο μέρος του φωτίζει την περιοχή του δευτερεύοντος τόξου αλλά και ψηλότερα απ' αυτό (ποτέ όμως χαμηλότερα). Έτσι, εκτός από το διάχυτο φως του ουρανού και τη λάμψη, που προαναφέραμε, υπάρχει συμπληρωματικό φως κάτω από το κύριο τόξο και πάνω από το δευτερεύον, ενώ δεν υπάρχει αυτό ανάμεσά τους. Έτσι η ζώνη που βρίσκεται μεταξύ των δυο τόξων, είναι σχετικά σκοτεινή.

5.36 Το φως του ουράνιου τόξου είναι σε κάθε σημείο του πολωμένο παράλληλα στο τόξο, εξαιτίας της διάθλασης και της ανάκλασης του φωτός πάνω στις σταγόνες του νερού.

5.37 Τα ουράνια τόξα της σελήνης είναι σπάνια, όχι μόνο διότι το σεληνιακό φως είναι ασθενέστερο από το ηλιακό αλλά και εξαιτίας των ειδικών μετεωρολογικών συνθηκών που πρέπει να υπάρξουν, τη στιγμή που η θέση της σελήνης είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει τη δημιουργία ουράνιου τόξου. Οι ώρες της ημέρας, που έχουν τη μεγαλύτερη συχνότητα καταρρακτωδών βροχών, είναι το τέλος του απογεύματος (βλ. ερ. 3.41). Έτσι λοιπόν η σελήνη έχει λιγότερες ευκαιρίες να σχηματίζει ουράνια τόξα. Η ένταση εξάλλου του φωτός της σελήνης μεταβάλλεται ανάλογα με τη φάση της κι έτσι μειώνεται ακόμη περισσότερο η πιθανότητα ενός σεληνιακού ουράνιου τόξου.

5.38 Οι σταγόνες που δημιουργούν το ουράνιο τόξο, δε βρίσκονται σε συγκεκριμένη απόσταση από τον παρατηρητή. Το μόνο που έχει σημασία, είναι η γωνιακή θέση τους σε σχέση με την ευθεία, που συνδέει τον ήλιο με τον παρατηρητή. Οι σταγόνες μπορεί να απέχουν λίγα μέτρα έως πολλά χιλιόμετρα. Εάν οι σταγόνες που δημιουργούν το ουράνιο τόξο βρίσκονται σε απόσταση λίγων μέτρων, όπως στην περίπτωση που καταβρέχετε το γκαζόν, τότε κάθε μάτι βλέπει το δικό του ουράνιο τόξο, που είναι διαφορετικό από το τόξο του άλλου ματιού.

5.39 Ο κίονας του ουράνιου τόξου βρίσκεται στη βάση του κύριου ουράνιου τόξου. Το σύνηθες κύριο τόξο δημιουργείται από το φως, που έρχεται κατευθείαν από τον ήλιο. Κοντά όμως σε μια επιφάνεια νερού το φως που ανακλάται σ' αυτήν, μπορεί να δημιουργήσει ένα άλλο ουράνιο τόξο. Αν και η γεωμετρία που απαιτείται για ένα τέτοιο — από ανάκλαση — ουράνιο τόξο, είναι υποχρεωτικά η ίδια μ' αυτήν ενός συνήθους ουράνιου τόξου, ο προσανατολισμός του στον ουράνιο θόλο είναι διαφορετικός. Και ακόμη, εάν το από ανάκλαση ουράνιο τόξο ήταν τελείως ορατό, η κορυφή του θα φαινόταν πιο ψηλά στον ουρανό. Έτσι λοιπόν η βάση του κοντά στον ορίζοντα είναι περισσότερο όρθια ως προς το έδαφος απ' ό,τι η βάση του κύριου ουράνιου τόξου. Ένα μέρος της έντασης του ηλιακού φωτός χάνεται κατά την ανάκλασή του στην επιφάνεια του νερού και γι' αυτό το ανακλώμενο τόξο είναι ασθενικότερο και πιο σπάνιο.

5.40 Σε αντίθεση με το προηγούμενο φαινόμενο τα ανακλώμενα ουράνια τόξα είναι απλά είδωλα των συνηθισμένων ουράνιων τόξων. Το ανακλώμενο όμως τόξο μοιάζει περισσότερο πεπλατυσμένο από το κανονικό, διότι φαίνεται μικρότερο μέρος αυτού απ' ό,τι του κανονικού τόξου. Αυτή η διαφορά στη μορφή τους οφείλεται στις γωνίες που απαιτούνται στη διάχυση του φωτός (το οποίο, αφού θα έχει αναδυθεί από τις σταγόνες, θα πρέπει να

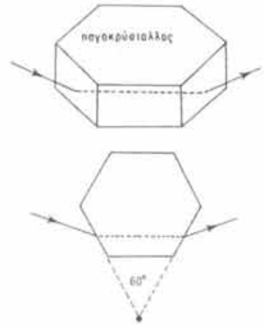
δημιουργήσει το ουράνιο τόξο, στη συνέχεια να ανακλασθεί στην επιφάνεια του νερού και κατόπιν να φτάσει στα μάτια σας). Οι σταγόνες που ικανοποιούν την παραπάνω απαίτηση, βρίσκονται χαμηλότερα στον ουρανό από αυτές, που δημιουργούν το κανονικό τόξο.

5.41 Το τόξο στο γρασίδι είναι το «ουράνιο τόξο», που παράγεται από τις σταγόνες του νερού, οι οποίες βρίσκονται πάνω στο χορτάρι. Το κύριο ουράνιο τόξο σχηματίζεται έτσι, ώστε η γωνιακή του απόσταση από τον άξονα που ενώνει τον ήλιο με τα μάτια του παρατηρητή, να είναι περίπου 42° (βλ. απ. της ερ. 5.32). Θα παρουσιαζόταν σαν ένας πλήρης κύκλος, εάν δεν περιόριζε το έδαφος το οπτικό μας πεδίο. Εάν όμως το έδαφος είναι σκεπασμένο από σταγόνες νερού, μπορούμε να δούμε το τμήμα του τόξου, που βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα. Η γωνία των 42° παραμένει· επειδή όμως είναι περιορισμένες οι σταγόνες σ' ένα οριζόντιο επίπεδο (αντί να σκεπάζουν όλο το χώρο μπροστά από τον παρατηρητή), το τόξο εμφανίζεται με σχήμα υπερβολής. Σ' ένα συνηθισμένο «τόξο γρασιδιού» το προσπίπτον φως ουσιαστικά αποτελείται από παράλληλες ηλιακές ακτίνες. Τα φωτιστικά των δρόμων εκπέμπουν ακτίνες, που αποκλίνουν, και μολονότι η γωνία του τόξου είναι αναγκαστικά 42°, εξαιτίας της κατανομής των σταγόνων που το δημιουργούν, το τόξο παίρνει ένα σχήμα παράξενο (βλέπε εικ. 5.41β).

5.42 Οι παρήλιοι οφείλονται στη διάθλαση του φωτός, η οποία συμβαίνει καθώς πέφτουν οι εξαγωνικοί παγοκρύσταλλοι οι οποίοι έχουν τον κεντρικό άξονα (που είναι παράλληλος με τις έξι έδρες τους) κατακόρυφο. Αν και διαθλούν οι κρύσταλλοι το φως με μεγάλη γωνιακή διασπορά, το περισσότερο φως αναδύεται από τους κρυστάλλους με γωνία που έχει τη μικρότερη δυνατή απόκλιση από την αρχική διεύθυνση των ηλιακών ακτίνων. Η γωνία της ελάχιστης απόκλισης είναι περίπου 22°, όταν ο ήλιος, οι παγοκρύσταλλοι και ο παρατηρητής βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Ο παρατηρητής λοιπόν βλέπει ότι το περισσότερο διαθλώμενο φως προέρχεται από θέσεις, που βρίσκονται 22° αριστερά και δεξιά του ήλιου. Όταν όμως ο ήλιος ανεβαίνει στον ουρανό, ο άξονας των κρυστάλλων δεν είναι πια κάθετος στις φωτεινές ακτίνες και η γωνία των παρηλίων με τον ήλιο αυξάνει. Τελικά ο ήλιος ανεβαίνει τόσο ψηλά, που οι παρήλιοι εξαφανίζονται. Οι παρήλιοι είναι έγχρωμοι διότι ο πάγος διαχωρίζει τα χρώματα σαν να ήταν διαφανές πρίσμα.

5.43 Όπως και οι παρήλιοι της ερ. 5.42, έτσι και η άλως των 22° παράγεται με τον ίδιο τρόπο διάθλασης του φωτός (από τους παγοκρυστάλλους που πέφτουν), με την διαφορά ότι οι κεντρικοί άξονες των κρυστάλλων έχουν τυχαίο προσανατολισμό πάνω σ' ένα επίπεδο κάθετο στις προσπίπτουσες ηλιακές ακτίνες. Σε όλα συνεπώς τα σημεία, που η γωνιακή τους απόσταση από τον ήλιο είναι 22°, φαίνεται ότι φτάνουν ακτίνες φωτός, οι οποίες προέρχονται από μερικούς παγοκρυστάλλους με κατάλληλο προσανατολισμό (βλ. και ερ. 5.46).* Το σύνολο αυτών των κρυστάλλων δημιουργεί την άλω. Τα χρώματα οφείλονται και σ' αυτήν την περίπτωση στην πρισματική ανάλυση του φωτός από τους παγοκρυστάλλους. Επειδή όμως το μπλε είναι το χρώμα του ορατού φωτός που διαθλάται περισσότερο, εμφανίζεται αυτό στο εξωτερικό μέρος της άλω.

*Σ.τ.Μ:

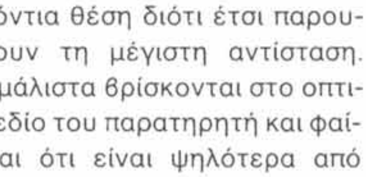


5.44 Η εξήγηση που βασίζεται στη γεωμετρική οπτική και στην πρισματική ανάλυση του φωτός (βλ. απάντηση 5.32), είναι ανεπαρκής για τα λευκά ουράνια τόξα. Πρέπει να χρησιμοποιηθεί η κυματική θεωρία, που υπάρχει στην απάντηση της 5.34. Τα χρώματα του κανονικού ουράνιου τόξου είναι οι φωτεινοί κροσσοί, που παράγονται από τη συμβολή του φωτός το οποίο αναδύεται (με κατάλληλες γωνίες) από τις σταγόνες του νερού. Εάν οι αιωρούμενες σταγόνες έχουν διάμετρο μικρότερη από ένα χιλιοστόμετρο, το πλάτος των φωτεινών κροσσών αυξάνει, με αποτέλεσμα να αλληλοεπικαλύπτονται και να είναι αδύνατη η διάκριση των χρωμάτων. Γι' αυτό το λόγο εξάλλου, το ουράνιο τόξο που σχηματίζεται από ομίχλη, είναι άσπρο.

5.45 Η ανάκλαση του φωτός στις εξωτερικές επιφάνειες των εξαγωνικών παγοκρυστάλλων

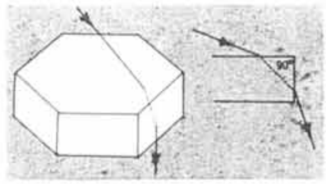
που πέφτουν, δημιουργεί τις φωτεινές στήλες πάνω και κάτω από τον ήλιο. Οι κρύσταλλοι που ο κεντρικός τους άξονας έχει μικρό μήκος σε σχέση με το πλάτος τους, λέγονται «πλακώδεις» (plates), ενώ, όταν ο άξονας έχει μεγάλο μήκος σε σύγκριση με το πλάτος, ονομάζονται «βελονοειδείς» (needles) (ή «κρυσταλλικές στήλες»)· και τα δύο είδη μπορούν να δημιουργήσουν φωτεινές στήλες (ή ηλιακούς κίονες). Ας μελετήσουμε, για παράδειγμα, τους «πλακώδεις» κρυστάλλους. Η ροή του αέρα γύρω απ' αυτούς τους υποχρεώνει να διατηρούν οριζόντια θέση διότι έτσι παρουσιάζουν τη μέγιστη αντίσταση. Εάν μάλιστα βρίσκονται στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή και φαίνονται ότι είναι ψηλότερα από τον ήλιο, το ηλιακό φως θα ανακλάται στην κάτω βάση τους, με αποτέλεσμα να δημιουργεί την εντύπωση στον παρατηρητή ότι υπάρχει μια φωτεινή ζώνη στην περιοχή του ουρανού πάνω από τον ήλιο.* Εάν (στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή) οι «πλακώδεις» κρύσταλλοι φαίνονται ότι βρίσκονται χαμηλότερα από τον ήλιο, η ανάκλαση του ηλιακού φωτός θα γίνεται στην πάνω βάση τους.

*Σ.τ.Μ:

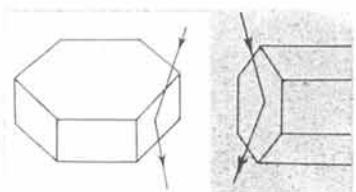


5.46 Μερικές από τις πρόσφατες εξηγήσεις — αν και κατά πάσα πιθανότητα αμφισβητήσιμες ή και εσφαλμένες — σχετικά με μερικά από τα φωτεινά τόξα και άλω, είναι οι ακόλουθες (τα γράμματα αναφέρονται στην εικ. 5.46): (a) και (b) άλως των 22° και οι παρήλιοί της (βλ. ερ. 5.43). (c) άλως των 46°: η διάθλαση του φωτός που δημιουργεί την άλω αυτή είναι όμοια με την άλω των 22° με τη διαφορά ότι η ακτίνα περνά από μια γωνία του παγοκρυστάλλου 90° — και όχι 60° όπως στην περίπτωση με την άλω των 22° — που σχηματίζουν μία από τις βάσεις και μία από τις έξι παράπλευρες έδρες του κρυστάλλου.* Και εδώ το περισσότερο φως αναδύεται από τους κρυστάλλους με διεύθυνση που παρουσιάζει τη μικρότερη δυνατή απόκλιση από την αρχική διεύθυνση των ηλιακών ακτίνων (βλ. απ. 5.43). Το φως λοιπόν που διαχέεται από κατάλληλα προσανατολισμένους παγοκρυστάλλους δημιουργεί την άλω των 46°. (d) Τόξο περί το ζενίθ: κατά τη διάθλαση, η οποία δημιουργεί το τόξο αυτό, η ακτίνα του ηλιακού φωτός περνά από μία γωνία του παγοκρυστάλλου 90° που σχηματίζουν η βάση και μία παράπλευρη έδρα του. Για να εμφανιστεί, ο ήλιος πρέπει να βρίσκεται χαμηλότερα από 32° ως προς τον ορίζοντα. (e) Παρήλιος κύκλος: σχηματίζεται από την ανάκλαση του φωτός στις κατακόρυφες έδρες των παγοκρυστάλλων.** (f) Παρήλιοι εκατέρωθεν αυτής των 46°: αυτές οι σπανιότατες φωτεινές «κηλίδες» σχηματίζονται με όμοια διάθλαση που σχηματίζεται και η άλως των 46° με την διαφορά ότι αυτή γίνεται μόνο σε κρυστάλλους που έχουν τον κύριο άξονά τους οριζόντιο. (j) Τόξα Lowitz: για να δημιουργηθούν τα τόξα αυτά, πρέπει να περιστρέφονται εξαγωνικοί «πλακώδεις» παγοκρύσταλλοι γύρω από έναν άξονα που βρίσκεται στο επίπεδο του κρυστάλλου. Το φως εισέρχεται σε μια από τις παράπλευρες έδρες και εξέρχεται από μια άλλη.***

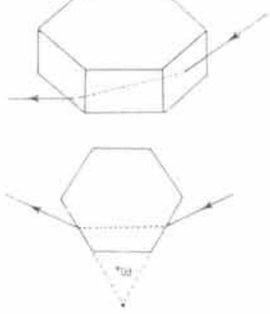
*Σ.τ.Μ:



**Σ.τ.Μ:



***Σ.τ.Μ:



5.47 Η αναλαμπή της κορώνας οφείλεται στην ανάκλαση του φωτός σε «πλακώδεις» εξαγωνικούς παγοκρυστάλλους, που πέφτουν και παίζουν το ρόλο κατόπτρου. (Σ' αυτούς τους κρυστάλλους οφείλονται οι φωτεινές στήλες της ερ. 5.45). Το ηλεκτρικό πεδίο του καταιγιδοφόρου σύννεφου μετατρέπει τους κρυστάλλους σε ηλεκτρικά δίπολα (φορτίζει δηλαδή θετικά τη μια πλευρά τους και αρνητικά την άλλη), οπότε αυτοί προσανατολίζονται μέσα στο πεδίο. Κανονικά,

όταν πέφτουν οι παγοκρύσταλλοι, διατηρούν οριζόντια τη μεγάλη τους επιφάνεια έτσι που να δέχονται τη μέγιστη αντίσταση από τον αέρα. Το ηλεκτρικό πεδίο όμως της αστραπής αλλάζει στιγμιαία αυτόν τον προσανατολισμό και κατά συνέπεια τη σχετική φωτεινότητα μιας ορισμένης περιοχής του σύννεφου.

5.48 Πρώτη ιδέα ήταν να καλυφθούν οι προβολείς των αυτοκινήτων με πολωτικά φίλτρα, των οποίων η χαρακτηριστική διεύθυνση θα ήταν κάθετη στην αντίστοιχη των πολωτικών φίλτρων, που θα τοποθετούνταν στα παρμπρίζ. Μ' αυτό τον τρόπο όμως ο οδηγός δε θα έβλεπε τα φώτα των αυτοκινήτων που τον πλησιάζουν από την αντίθετη κατεύθυνση διότι το πολωμένο φως των προβολέων τους δε θα διαπερνούσε το φίλτρο του παρμπρίζ. Η κατάσταση όμως αυτή θα ήταν επικίνδυνη. Ένας τέτοιος προσανατολισμός των φίλτρων, που οι χαρακτηριστικές τους διευθύνσεις δεν είναι εντελώς κάθετες, θα ήταν προτιμότερος, διότι ένα μικρό μέρος του φωτός των προβολέων του ενός αυτοκινήτου θα διαπερνούσε το παρμπρίζ του άλλου. Μειονέκτημα αυτής της κατασκευής (που μπορεί να αποβεί και μοιραία) είναι ότι τα φίλτρα απορροφούν και μέρος του φωτός, που προέρχεται από το περιβάλλον, όπως π.χ. των σηματοδοτών, με συνέπεια να μειώνεται η ορατότητα. Άλλο μειονέκτημα της διάταξης αυτής αποτελεί η επίδραση που έχει η κλίση του παρμπρίζ και που γι' αυτό το λόγο θα έπρεπε να είναι ίδια σε όλα τα αυτοκίνητα.

5.49 Το φως που εκπέμπει ο ήλιος, δεν είναι πολωμένο· οι ταλαντώσεις δηλαδή του ηλεκτρικού πεδίου γίνονται σε επίπεδα κάθετα στη διεύθυνση διαδόσεως του φωτός, τα οποία έχουν τυχαίο προσανατολισμό γύρω της. Η ανάκλαση του ηλιακού φωτός πολώνει το ανακλώμενο φως «παράλληλα προς την ανακλαστική επιφάνεια»· η διεύθυνση δηλαδή ταλαντώσεως του ηλεκτρικού πεδίου παραμένει κάθετη στη διεύθυνση διαδόσεως της ανακλώμενης ακτίνας αλλά παραμένει συνεχώς παράλληλη στην ανακλαστική επιφάνεια. Ο βαθμός της πόλωσης εξαρτάται από τη φύση του υλικού της ανακλαστικής επιφάνειας και από τη γωνία προσπτώσεως του φωτός. Εάν, για παράδειγμα, οδηγείτε κάποιο απόγευμα με κατεύθυνση προς τον ήλιο, το ανακλώμενο στο οδόστρωμα φως είναι ισχυρά πολωμένο με διεύθυνση ταλάντωσης παράλληλη στο οδόστρωμα. Τα πολωτικά γυαλιά του ηλίου μειώνουν το εκθαμβωτικό φως του, διότι εμποδίζουν το πέρασμα από μέσα τους του προαναφερθέντος πολωμένου φωτός. Επιτρέπουν όμως το πέρασμα πολωμένου φωτός με διεύθυνση ταλάντωσης μόνο κατακόρυφη. Στην κλίμακα του μικρόκοσμου το «φιλτράρισμα» αυτό σημαίνει ότι τα μακριά μόρια του φίλτρου είναι προσανατολισμένα οριζόντια και απορροφούν το φως που είναι οριζόντια πολωμένο (η διεύθυνση δηλαδή ταλάντωσης, του ηλεκτρικού πεδίου είναι οριζόντια). Μ' αυτόν τον τρόπο το φως δεν είναι εκθαμβωτικό αλλά και ο φωτισμός που προέρχεται από το περιβάλλον, δεν μειώνεται υπερβολικά. Ένας ψαράς καταφέρνει να μειώνει σημαντικά το εκτυφλωτικό φως λόγω ανάκλασης στην επιφάνεια του νερού· έτσι, μπορεί να βλέπει το φως που ανακλάται πάνω στα ψάρια, φορώντας πολωτικά γυαλιά. Από το φυσικό φως που προσπίπτει στην επιφάνεια του νερού ένα μέρος ανακλάται, κυρίως οριζόντια πολωμένο. Το υπόλοιπο φως εισχωρεί στο νερό και είναι πολωμένο κυρίως κατά διεύθυνση κάθετη και προς τη διεύθυνση διαδόσεώς του και προς τη διεύθυνση οριζόντιας πόλωσης του ανακλασθέντος φωτός. Αυτό το φως όταν ανακλασθεί στο ψάρι, μπορεί να διαπεράσει τα γυαλιά του ψαρά. Η εξήγηση αυτή δεν είναι επαρκής για την περίπτωση που το ψάρι βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο από 1,5m, διότι η διάχυση του φωτός από τα αιωρούμενα σωματίδια πολώνει το φως οριζόντια (βλ. ερ. 5.54).

5.50 Η πόλωση του ηλιακού φωτός, που διαχέεται από τα σωματίδια της ατμόσφαιρας, προσδιορίζεται από φυσικούς νόμους, όμοιους με αυτούς που εξηγούν το μπλε χρώμα του ουρανού· (βλ. ερ. 5.58). Το μη πολωμένο φως του ηλίου υποχρεώνει τα ηλεκτρόνια των μορίων του αέρα (αζώτου, οξυγόνου, κ.λ.π.) να ταλαντωθούν, με αποτέλεσμα να επανακτινοβολούν αυτά το φως. Ας θεωρήσουμε, για παράδειγμα, ότι ο ήλιος βρίσκεται στον ορίζοντα και το άτομο ενός στοιχείου πάνω από το κεφάλι σας. Επειδή το φως του ηλίου δεν είναι πολωμένο, τα ηλεκτρόνια του ατόμου μπορούν να ταλαντωθούν σε οποιονδήποτε άξονα, κάθετο προς τη διεύθυνση διάδοσης του φωτός. Μπορείτε να θεωρήσετε ότι όλες αυτές οι ταλαντώσεις μπορούν να αναλυθούν σε δύο: μία κατακόρυφη και μια οριζόντια

(όπως κοιτάζετε το άτομο πάνω από το κεφάλι σας). Οι κατακόρυφες ταλαντώσεις δεν ακτινοβολούν φως κατακόρυφα, με αποτέλεσμα να μη βλέπετε αυτή τη συνιστώσα του φωτός. Θα δείτε μόνον το φως, που ακτινοβολείται από τις οριζόντιες ταλαντώσεις. Το φως αυτό είναι πολωμένο στην ίδια διεύθυνση με τις ταλαντώσεις των ηλεκτρονίων στη διεύθυνση δηλαδή βορρά - νότου, όταν ο ήλιος βρίσκεται στη δύση. Το φως δηλαδή που διαχέεται από αυτό το κομμάτι του ουρανού, είναι πολωμένο. Ανάλογες συνθήκες μπορούν να δημιουργηθούν για τον υπόλοιπο ουρανό και για κάθε θέση του ηλίου. Το φως που διαχέεται από ένα σύννεφο, δεν είναι πολωμένο εξαιτίας της πολλαπλής σκέδασης κατά τη διαδρομή του μέσα στο σύννεφο. Με την πολλαπλή διάχυση εξηγούνται και τα ουδέτερα σημεία στο «χάρτη» της πόλωσης του ουρανού.

5.51 Ο πάγος είναι διπλοθλαστικό υλικό, όταν δηλαδή εισχωρεί μέσα του μια φωτεινή δέσμη, διαχωρίζεται σε δύο δέσμες, σε κάθε μια από τις οποίες αντιστοιχεί διαφορετικός δείκτης διαθλάσεως και οι οποίες είναι κάθετα πολωμένες μεταξύ τους. Αντί λοιπόν να εξετάσουμε το ερώτημα της 5.51, ας θεωρήσουμε ότι ο πάγος βρίσκεται ανάμεσα σε δύο πολωτικά φίλτρα. Το φως που διασχίζει το πρώτο, εισέρχεται στον πάγο και χωρίζεται σε δύο δέσμες, οι οποίες διαδίδονται μέσα στον πάγο με διαφορετικές ταχύτητες (εξαιτίας των διαφορετικών δεικτών διαθλάσεως που αντιστοιχούν σ' αυτές). Όταν εξέρχονται οι δυο δέσμες από τον πάγο, μπορεί να είναι σε φάση ή όχι, ανάλογα με το μήκος κύματος του φωτός, το μήκος του κρυστάλλου και τη διαφορά των δεικτών διαθλάσεως. Η διεύθυνση της πόλωσης κάθε αναδυόμενης δέσμης εξαρτάται απ' αυτήν τη διαφορά φάσεως. Ας υποθέσουμε, για παράδειγμα, ότι το κίτρινο χρώμα μιας δέσμης λευκού αρχικά φωτός αναδύεται από τον κρύσταλλο, πολωμένο σε διεύθυνση κάθετη στη χαρακτηριστική διεύθυνση του δεύτερου φίλτρου. Αυτό θα εμποδίσει το πέρασμα του κίτρινου και ο παρατηρητής θα δει να βγαίνουν από το φίλτρο τα υπόλοιπα χρώματα του ορατού φωτός. Στο πρόβλημά μας, βέβαια, δεν υπάρχουν τα δυο πολωτικά φίλτρα, ο ουρανός όμως παρέχει πολωμένο φως και το φαινόμενο της ανάκλασης αυτού του φωτός στη λιμνούλα του νερού λειτουργεί όπως το δεύτερο πολωτικό φίλτρο.

5.52 Μπορούμε να δεχθούμε ότι το σελοφάν έχει δύο προνομιούχους άξονες.* Στο πολωμένο φως με διεύθυνση παράλληλη στον έναν άξονα αντιστοιχεί ένας δείκτης διαθλάσεως. Στο πολωμένο φως προς τον άλλον άξονα αντιστοιχεί ένας διαφορετικός δείκτης διαθλάσεως. Εάν η διεύθυνση ταλάντωσης του πολωμένου φωτός που προσπίπτει στο σελοφάν, βρίσκεται μεταξύ των δύο αξόνων, μπορούμε να δεχτούμε ότι αναλύεται σε δυο ταλαντώσεις με διευθύνσεις παράλληλες στους άξονες του σελοφάν· έτσι διαδίδεται με δύο διαφορετικές ταχύτητες, αφού σε κάθε άξονα αντιστοιχεί διαφορετικός δείκτης διαθλάσεως. Τη στιγμή που αναδύονται οι δύο αυτές δέσμες, παρουσιάζουν διαφορά φάσεως, με αποτέλεσμα η διεύθυνση ταλάντωσης του πολωμένου φωτός να έχει υποστεί κάποια στροφή σε σχέση με την αντίστοιχη διεύθυνση, πριν διασχίσει το σελοφάν. Τα δύο κάθετα μεταξύ τους πολωτικά φίλτρα δεν επιτρέπουν φυσικά τη διέλευση του φωτός. Εάν όμως παρεμβληθεί το σελοφάν, σύμφωνα με τα παραπάνω, θα στρέψει τη διεύθυνση ταλάντωσης του πολωμένου φωτός, που δημιούργησε το πρώτο φίλτρο, με αποτέλεσμα να μπορεί ένα μέρος του (η συνιστώσα αυτή του πολωμένου φωτός με διεύθυνση ταλάντωσης παράλληλη της χαρακτηριστικής διεύθυνσης του δεύτερου φίλτρου) να εξέρχεται από το δεύτερο φίλτρο. Το πλαστικό συσκευασίας τροφίμων δεν έχει προνομιούχους άξονες, εκτός αν τεντωθεί προς μία διεύθυνση. Η τάση ξεμπερδεύει κατά τη διεύθυνση αυτή το πλήθος των μακρομορίων κι έτσι το πλαστικό καθίσταται πολωτικό υλικό. Το φως, που το ηλεκτρικό του πεδίο ταλαντώνεται κάθετα προς τα προσανατολισμένα μακρομόρια, μπορεί να διαπεράσει το πλαστικό, ενώ το φως, που το ηλεκτρικό του πεδίο ταλαντώνεται παράλληλα προς τα μακρομόρια, δεν το διαπερνά το ίδιο εύκολα.

* Σ.τ.Μ: Ονομάζονται «οπτικοί άξονες» και το σελοφάν «πλακίδιο καθυστέρησης».

5.53 Οι κηλίδες υποδεικνύουν τα σημεία τάσης, που δημιουργούνται, όταν το τζάμι παίρνει το τελικό σχήμα του και συμπεριφέρεται όπως το τεντωμένο πλαστικό της προηγούμενης ερώτησης.

5.54 Το σιρόπι, εξαιτίας της ελικοειδούς μορφής των μορίων του

στρέφει το επίπεδο πόλωσης του φωτός που εισέρχεται σ' αυτό κατά τη διάρκεια της διαδρομής του μέσα του. Η στροφή δεν εξαρτάται μόνο από τον τύπο του σιροπιού αλλά και από το μήκος κύματος του φωτός (το επίπεδο πόλωσης του μπλε φωτός στρέφεται περισσότερο ανά μήκος κύματος από ό,τι το επίπεδο πόλωσης του κόκκινου). Το χρώμα του φωτός πίσω από το δεύτερο φίλτρο εξαρτάται από το ποια χρώματα (τα οποία έχουν αναδυθεί από το σιρόπι) καταφέρνουν να το διαπεράσουν. Εάν, για παράδειγμα, η χαρακτηριστική διεύθυνση του δεύτερου φίλτρου είναι κάθετη στη διεύθυνση ταλάντωσης του κίτρινου χρώματος, τότε δε θα δει πίσω από το φίλτρο ο παρατηρητής το αρχικό λευκό φως αλλά τα χρώματα της ορατής περιοχής πλην του κίτρινου.

5.55 Η ανακάλυψη της πόλωσης, πραγματοποιείται με τους δείκτες υπεριώδους, που διαθέτουν τα μάτια των εντόμων. Τα ραβδία τους, που συμπεριφέρονται ως οδηγοί του φωτός στους φωτοδέκτες, χωρίζονται σε δυο ομάδες με την έννοια ότι είναι στριμμένα κατά αντίθετη φορά. Η διεύθυνση της μέγιστης ευαισθησίας σε σχέση με την πόλωση του προσπίπτοντος φωτός διαφέρει στις δυο ομάδες ραβδίων κατά 40^{o}. Έτσι τα ραβδία αυτά, όταν αντιδρούν όλα μαζί, μπορούν να προσδιορίζουν τη διεύθυνση ταλάντωσης του πολωμένου προσπίπτοντος φωτός. Ο προσδιορισμός αυτός μαζί με τον προσδιορισμό της έντασης του φωτός από έναν άλλο δείκτη υπεριώδους, αδρανούς στο φαινόμενο της πόλωσης, επιτρέπει στο έντομο να προσανατολισθεί στον ουρανό.

5.56 Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι έχει δύο οπτικούς άξονες ένας διχροϊκός κρύσταλλος. Εάν το φως που προσπίπτει, είναι πολωμένο σε διεύθυνση παράλληλη προς τον έναν άξονα, τότε ο κρύσταλλος είναι διαυγής. Εάν το φως είναι πολωμένο σε διεύθυνση παράλληλη στον άλλο άξονα, τότε γίνεται σκούρος μπλε. Οι Βίκινγκς με το να στρέφουν τον κρύσταλλο και να παρατηρούν το χρώμα του, κατόρθωναν να εντοπίζουν τις πολωμένες περιοχές του ουρανού. Με την πείρα που αποκτούσαν, μπορούσαν να προσδιορίζουν τη θέση του ηλίου, ακόμη και όταν βρισκόταν κάτω από τον ορίζοντα. Όταν όμως ο ουρανός ήταν συννεφιασμένος, τα σύννεφα κατέστρεφαν την πόλωση του φωτός κι έτσι ο κρύσταλλος ήταν άχρηστος.

5.57 Ένα μπλε πιγμέντο, που υπάρχει στην ωχρά κηλίδα (ένα βαθούλωμα του αμφιβληστροειδούς στο πίσω μέρος του ματιού), απορροφά το πολωμένο φως ανάλογα με τη διεύθυνση ταλάντωσής του. Το μπλε πολωμένο φως, για παράδειγμα, του οποίου η διεύθυνση ταλάντωσης είναι κατακόρυφη, απορροφάται οριζόντια, αφήνοντας μια κίτρινη οριζόντια κλεψύδρα (το κίτρινο είναι το συμπληρωματικό χρώμα του μπλε).

5.58 και 5.59 Ο προσδιορισμός του βασικού χρώματος του ουρανού βασίζεται στην εξάρτηση της σκέδασης του ηλιακού φωτός από τα σωματίδια της ατμόσφαιρας με το μήκος κύματος, όπως προβλέπεται από το πρότυπο σκέδασης Rayleigh. Το ηλεκτρικό πεδίο του προσπίπτοντος ηλιακού φωτός υποχρεώνει τα ηλεκτρόνια των σωματιδίων αυτών να ταλαντωθούν, οπότε αυτά ακτινοβολούν με τη σειρά τους φωτεινή ενέργεια. Αποτέλεσμα είναι η σκέδαση του ηλιακού φωτός. Το φως με μικρό μήκος κύματος (π.χ. το μπλε άκρο του ορατού φάσματος) αποκλίνει περισσότερο από την αρχική του διεύθυνση απ' ό,τι το φως, που έχει μεγάλο μήκος κύματος (το ερυθρό άκρο του ορατού φάσματος). Όταν ο ήλιος βρίσκεται κοντά στον ορίζοντα, ο ουρανός πάνω από τον παρατηρητή είναι έντονα μπλε. Οι περιοχές του ουρανού με γωνιακή απόσταση από τον ήλιο μεγαλύτερη των 90^{o}, είναι λιγότερο μπλε, επειδή φωτίζονται από ηλιακό φως, που έχει διανύσει μεγάλη διαδρομή και έτσι έχει «φτωχύνει» λίγο σε μπλε χρώμα. Η περιοχή του ουρανού γύρω από τον ήλιο κοντά στον ορίζοντα είναι κόκκινη ή κίτρινη, διότι φωτίζεται από φως, που από τη μεγάλη διαδρομή του ηλίου στην ατμόσφαιρα έχασε το μπλε χρώμα. Η σκόνη στη ατμόσφαιρα, που έχει διάφορες προελεύσεις (π.χ. από εκρήξεις ηφαιστείων ή πυρκαγιές σε δάση), μπορεί όχι μόνο να αυξήσει τη σκέδαση του φωτός αλλά να δημιουργήσει μια άλλη διάχυση, της οποίας η εξάρτηση από το μήκος κύματος δεν ακολουθεί το πρότυπο του Rayleigh. Οι ανατολές και οι δύσεις του ηλίου, που ακολουθούν μια μεγάλη έκρηξη ηφαιστείου, είναι συνήθως μεγαλειώδεις (και μπορούν να προκαλέσουν επίσης τον γαλάζιο ήλιο και τη γαλάζια σελήνη της ερ. 5.84). Οι διάφορες αποχρώσεις, που παρατηρούνται, όταν ανα-

τέλλει ή δύει ο ήλιος, δημιουργούνται από το συνδυασμό της σκέδασης Rayleigh και της διάχυσης απο τη σκόνη.

5.60 Το πορφυρό χρώμα οφείλεται στη σκόνη, που αιωρείται στην ατμόσφαιρα σε ύψος 20km. Μέρος του ηλιακού φωτός διασχίζει ένα στρώμα σκόνης, εξέρχεται σε κάποιο σημείο από κάτω του και εισχωρεί και πάλι σ' αυτό, διότι το στρώμα σκόνης είναι καμπυλωμένο γύρω από τη σφαιρική γη. Στο πρώτο πέρασμά του σκεδάζονται κυρίως τα μικρά μήκη κύματος του φωτός (το μπλε δηλαδή και το πράσινο χρώμα).

Έτσι το φως, που επανεισχωρεί στο στρώμα σκόνης είναι κόκκινο. Ένα μέρος αυτού του φωτός διαχέεται έτσι, που να μπορεί να το διακρίνει ο παρατηρητής. Ο παρατηρητής δέχεται επίσης το φως που σκεδάζεται στην ατμόσφαιρα ψηλότερα από το στρώμα της σκόνης (δηλαδή το γαλάζιο φως της ερ. 5.59). Ο συνδυασμός του κόκκινου φωτός, που οφείλεται στη σκόνη, και του κανονικού μπλε φωτός του ουρανού δίνουν την εντύπωση της πορφυρής απόχρωσης. Πιστεύεται ότι το δεύτερο πορφυρό φως παράγεται από ένα στρώμα σκόνης, που βρίσκεται σε ύψος 70 έως 90km.

5.61 Το μπλε χρώμα του ζενίθ φαίνεται παράδοξο. Σύμφωνα με το πρότυπο Rayleigh της ερ. 5.59 το ζενίθ θα έπρεπε να είναι γαλαζοπράσινο και στη συνέχεια, καθώς ο ήλιος θα έδυε, να γίνεται κίτρινο. Το στοιχείο που λείπει σ' αυτό το πρότυπο, είναι η απορρόφηση από το ατμοσφαιρικό όζο του ερυθρού άκρου του ορατού φάσματος. Έτσι, όταν αφαιρείται το ερυθρό άκρο, παραμένει το μπλε και φαίνεται πιο ζωηρό. Το φαινόμενο ευνοείται, όταν ο ήλιος βρίσκεται 6° κάτω από τον ορίζοντα και το φως σκεδάζεται στην περιοχή της ατμόσφαιρας ακριβώς πάνω από το κεφάλι του παρατηρητή. Αυτό το μπλε χρώμα γίνεται εντονότερο από τη σκόνη της ατμόσφαιρας, διότι αυτή απορροφά περισσότερο το κόκκινο και το κίτρινο μέρος του φωτός από ό,τι το μπλε (βλ. ερ. 5.84).

5.62 Γύρω από τη σκιά της γης ο ουρανός φωτίζεται από το ηλιακό φως, που έχει χάσει τα χρώματα (μπλε και πράσινο), που έχουν μικρά μήκη κύματος (βλ. ερ. 5.58).

5.63 Τα διάφορα σωματίδια (από βιομηχανική μόλυνση, αιθαλομίχλη κ.λ.π.), που έχουν διάμετρο μικρότερη των 0,2 μικρόμετρων, διαχέουν έντονα το μπλε φως, οπότε αυτό δεν περιέχεται στο φως, που φτάνει στον παρατηρητή. .

5.64 Ο ουρανός την ημέρα είναι φωτεινός, διότι τα μόρια του αέρα σκεδάζουν το φως του ηλίου. Υπάρχει όμως ένα πρόβλημα. Για κάθε μόριο, που σκεδάζει το φως προς τον παρατηρητή, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι στη γραμμή παρατήρησης υπάρχει ένα άλλο μόριο, που βρίσκεται μισό μήκος κύματος κοντύτερα στον παρατηρητή. Οι φωτεινές ακτίνες, που σκεδάζονται στα δυο μόρια θα φτάνουν στον παρατηρητή σε αντίθεση φάσης και πρέπει να αλληλοαναιρούνται. Ο συλλογισμός αυτός ισχύει για κάθε περιοχή του ουρανού (εκτός απ' αυτήν βέβαια που κατέχει ο ήλιος). Ο ουρανός συνεπώς θα έπρεπε να φαίνεται σκοτεινός, με εξαίρεση τις συγκεκριμένες θέσεις, που κατέχουν ο ήλιος, οι αστέρες και οι πλανήτες. Υπάρχει όμως κάποιο αδύνατο σημείο στο συλλογισμό αυτό. Αν και μπορούμε να θεωρήσουμε τα μόρια κατά ζεύγη, δεν είναι δυνατή η ομοιόμορφη κατανομή τους, αφού, όπως αποδεικνύεται, είναι αναπόφευκτες οι αποκλίσεις από την κατανομή αυτή. Αν δεν υπήρχαν οι διακυμάνσεις αυτές, ο ουρανός θα ήταν μαύρος.

5.65 Για το φαινόμενο αυτό δεν έχει δημοσιευτεί παρά μόνο μια απλή περιγραφή. Τα κίτρινα γυαλιά ηλίου είναι αποτελεσματικά, μόνο όταν η ομίχλη αποτελείται από σχετικά μικρά σωματίδια, με ακτίνα δηλαδή μικρότερη των 0,2 μικρομέτρων περίπου. Τα σωματίδια αυτών των διαστάσεων διαχέουν περισσότερο το φως με μικρό μήκος κύματος (δηλαδή το μπλε άκρο του φάσματος) απ' ό,τι το φως με μεγάλο μήκος κύματος (δηλαδή το ερυθρό άκρο του φάσματος). Το κόκκινο και το κίτρινο επομένως φωτίζουν αμεσότερα απ' ό,τι το μπλε και το πράσινο. Αφαιρώντας λοιπόν το μπλε και το πράσινο είναι σε θέση ένας παρατηρητής να δει καλύτερα τη σκιά ενός αντικειμένου στο οπτικό του πεδίο.

5.66 Αντίθετα με ό,τι πιστεύεται, είναι δυσκολότερο να παρατηρήσουμε τα αστέρια, να τα κοιτάξουμε μέσα από ένα σωλήνα. Αν και αποκλείουμε από το οπτικό μας πεδίο το μεγαλύτερο μέρος του ουρανού, το κομμάτι του γύρω από το είδωλο του αστεριού παραμένει το ίδιο φωτεινό. Έτσι ο σωλήνας δε συντελεί στη λαμπρότητα του αστεριού. Έχουν γίνει πειράματα στο θέμα της δυ-

νατότητας διάκρισης μιας μικρής φωτεινής επιφάνειας που βρίσκεται μέσα σ' ένα μεγάλο σκοτεινό χώρο· αυτά απέδειξαν ότι η δυνατότητα αυτή μειώνεται, όσο μεγαλώνει ο φωτισμός του χώρου, που την περιβάλλει (έως ότου βέβαια καταλήξουν να έχουν περίπου ίση λαμπρότητα). Αντί λοιπόν να παρατηρούνται ευκολότερα τα αστέρια μέσα από ένα σωλήνα, συμβαίνει το αντίθετο, αφού η δυνατότητα παρατήρησής τους μικραίνει, γιατί αποκλείουμε το μεγαλύτερο μέρος του ουρανού.

5.67 Εάν είναι καθαρό το νερό και βαθύ, τότε έχει χρώμα γαλάζιο, λόγω της ανάκλασης του φωτός του γαλάζιου ουρανού στην επιφάνειά του. Τα ρηχότερα νερά είναι πιο πράσινα λόγω της ανάκλασης του φωτός στον πυθμένα. Η ρύπανση μπορεί να προσθέσει κι άλλες αποχρώσεις λόγω της εκλεκτικής απορρόφησης ή, εφόσον υπάρχουν σωματίδια τάξης μεγέθους μικρομέτρου, λόγω της σκέδασης του φωτός. Το τελευταίο αυτό φαινόμενο είναι παρόμοιο μ' αυτά των ερ. 5.87 και 5.88

5.68 Η πράσινη απόχρωση οφείλεται στην ανάκλαση του φωτός πάνω στην καταπράσινη βλάστηση. Ένα ανάλογο φαινόμενο είναι αυτό της εμφάνισης «χαρτών» στο συννεφιασμένο ουρανό (ερ. 5.72).

5.69 Ο φωτισμός του «σκοτεινού» τμήματος της σελήνης (του τμήματος δηλαδή, που βρίσκεται στη σκιά, που δημιουργούν οι ακτίνες του ηλίου) οφείλεται στο φωτισμό που προέρχεται από τη γη, στο φως δηλαδή που ανακλάται στην ατμόσφαιρα και στην επιφάνεια της γης.

5.70 Η σκέδαση του φωτός από αντικείμενα πιο μικρά από το μήκος κύματος του ορατού φωτός ακολουθεί το πρότυπο της σκέδασης Rayleigh της ερ. 5.59. Οι σταγόνες του νερού, που αιωρούνται στα σύννεφα, είναι συνήθως μεγαλύτερες και ανακλούν απλώς το φως του ηλίου στις εσωτερικές τους επιφάνειες. Μια τέτοια ανάκλαση δε συνεπάγεται διαχωρισμό χρωμάτων· έτσι το φως που διαχέεται, παραμένει λευκό. (Η ερ. 5.73 αποτελεί εξαίρεση). Τα πυκνά σύννεφα φαίνονται μαύρα, γιατί ένα μικρό μέρος του φωτός εισχωρεί μέσα τους, είτε επειδή απορροφάται από το νερό είτε επειδή ανακλάται προς τα πάνω.

5.71 Το φως σκεδάζεται από τα μόρια του νερού, όπως και από κάθε άλλο μόριο της ατμόσφαιρας· έτσι τα μεμονωμένα μόρια του νερού συνεισφέρουν στη φωτεινότητα του ουρανού (βλ. ερ. 5.58). Η σκέδαση όμως από σταγόνες νερού είναι μεγαλύτερη από τη διάχυση που οφείλεται σε ίσο αριθμό μεμονωμένων μορίων λόγω της πυκνής συσσώρευσης μορίων που υπάρχει μέσα στη σταγόνα, όπου δύο γειτονικά μόρια απέχουν 1000 φορές λιγότερο από το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Ας φανταστούμε δύο τέτοια μόρια. Όταν αναγκάζει το ηλιακό φως τα ηλεκτρόνια τους να ταλαντωθούν, αυτά ταλαντώνονται σε φάση, διότι απορροφούν ίσο ποσό ενεργείας από το προσπίπτον φως. Τα ηλεκτρικά πεδία που ακτινοβολούν αυτά τα ηλεκτρόνια, είναι επίσης σε φάση, οπότε συμβάλλοντας παράγουν ένα ηλεκτρικό πεδίο διπλάσιο απ' αυτό που παράγεται μεμονωμένα από το κάθε ηλεκτρόνιο. Η ένταση του φωτός που ακτινοβολείται, είναι το τετράγωνο του πλάτους του ακτινοβολούμενου ηλεκτρικού πεδίου· είναι συνεπώς τετραπλάσια της έντασης του φωτός, που ακτινοβολείται από ένα μεμονωμένο μόριο. Εάν όμως τα δύο μόρια απομακρυνθούν αρκετά το ένα από το άλλο (η απόστασή τους δηλαδή γίνει μεγαλύτερη από το μήκος κύματος του φωτός) δε δημιουργούν συμβολή σε φάση κι έτσι η ένταση του φωτός που ακτινοβολούν, είναι το άθροισμα μόνο των εντάσεων του φωτός που ακτινοβολεί καθένα μόριο μόνο του, δηλαδή η διπλάσια. Τα σύννεφα είναι φωτεινά λόγω των συμβολών σε φάση, που δημιουργούν τα συσσωρευμένα μόρια του νερού μέσα στις σταγόνες.

5.72 Οι «χάρτες» δημιουργούνται από την εκλεκτική ανάκλαση του ηλιακού φωτός πάνω στον πάγο ή πάνω στην επιφάνεια του νερού και στη συνέχεια πάνω στα σύννεφα. Οι ακτίνες του ηλίου, για παράδειγμα, ανακλώνται περισσότερο από το στερεό πάγο παρά από το νερό. Επειδή όμως είναι καλές ανακλαστικές επιφάνειες και οι δύο, η διαφορά τους στην ανάκλαση του φωτός γίνεται ορατή στη βάση των σύννεφων.

5.73 Τα μαργαρώδη νέφη αποτελούνται από μικρές σταγόνες νερού, των οποίων η ακτίνα (από 0,1 έως 3μm) είναι περίπου ίση ή λίγο μεγαλύτερη από το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Το φως σκεδάζεται στις σταγόνες αυτές σύμφωνα με το πρότυπο του Mie κυρίως και όχι με το πρότυπο του Rayleigh (που αναφέρεται σε μικρότερες σταγόνες). Δεν

πρόκειται ασφαλώς για απλή ανάκλαση του φωτός πάνω τους (φαινόμενο που συμβαίνει σε μεγαλύτερες σταγόνες). Η περίθλαση του φωτός στις σταγόνες εξαρτάται όχι μόνο από τις ακτίνες τους αλλά και από το μήκος κύματος του προσπίπτοντος φωτός, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ο υπέροχος ιριδισμός των σύννεφων. Τα σύννεφα αυτά μπορούμε να τα βλέπουμε μέχρι και δύο ώρες μετά τη δύση του ηλίου, εξαιτίας του μεγάλου ύψους, στο οποίο βρίσκονται· έτσι μένουν φωτισμένα αρκετή ώρα, αφότου αρχίσει το λυκόφως.

5.74 Οι κροσσοί συμβολής προέρχονται από τη σκέδαση του φωτός στα σωματίδια της σκόνης, που υπάρχουν στην εξωτερική επιφάνεια του καθρέφτη. Ας θεωρήσουμε δυο ακτίνες. Η μια σκεδάζεται από ένα σωματίδιο σκόνης, πριν συναντήσει το κάτοπτρο και ανακλασθεί κανονικά.

Η άλλη αρχικά ανακλάται κανονικά και στη συνέχεια σκεδάζεται από το ίδιο σωματίδιο σκόνης, την ώρα που εγκαταλείπει το κάτοπτρο. Επειδή οι διαδρομές των ακτίνων είναι λίγο διαφορετικές, η διαφορά φάσης τους μπορεί να έχει διάφορες τιμές, οι οποίες εξαρτώνται από τη γωνία των ακτίνων και το μήκος κύματος (δηλ. το χρώμα) του φωτός. Μ' αυτό τον τρόπο το φως που ανακλάται στο σκονισμένο κάτοπτρο, παράγει κροσσούς συμβολής, στους οποίους είναι ξεχωρισμένα τα χρώματα χάρη στην από το μήκος κύματος του φωτός εξάρτηση της διαφοράς φάσης των ακτίνων που συμβάλλουν.

5.75 Η φωτεινή δέσμη εξασθενίζει όχι μόνο εξαιτίας της εξάπλωσής της αλλά και λόγω της διάχυσης που υφίσταται στην ατμόσφαιρα. (Άλλωστε χωρίς τη διάχυση η δέσμη θα ήταν αόρατη). Η εξασθένηση αυτή μειώνει εκθετικά την ένταση της φωτεινής δέσμης, με αποτέλεσμα να «σβήνει» απότομα η άκρη της.

5.76 Το ζωδιακό και αντιζωδιακό φως οφείλονται στη σκέδαση του ηλιακού φωτός που συμβαίνει στη διαστρική σκόνη και η οποία προέρχεται πιθανώς από τη ζώνη των αστεροειδών. Η σκόνη που προκαλεί το ζωδιακό φως, «σκεπάζει» την τροχιά της γης και είναι ορατή, μόνο όταν υπάρχουν οι ειδικές συνθήκες που περιγράφονται στην ερώτηση. Το αντιζωδιακό φως προέρχεται από την ανασκέδαση του ηλιακού φωτός στη σκόνη, που βρίσκεται έξω από την τροχιά της γης.

5.77 Οι υαλοκαθαριστήρες αφήνουν κυκλικά ίχνη ελαιώδους φύσεως που οφείλονται σε βρωμιές· τα ίχνη αυτά ανακλούν το φως προς τον οδηγό. Η εντονότερη ανάκλαση συμβαίνει, όταν η προσπίπτουσα ακτίνα είναι κάθετη στην εφαπτομένη των ιχνών. Το σύνολο αυτών των εντόνων ανακλάσεων σχηματίζει τη φωτεινή γραμμή που παρατηρείται. Σχηματίζεται μάλιστα αυτή κατά μήκος μιας ακτίνας της καμπύλης τροχιάς, που διαγράφει ο υαλοκαθαριστήρας.

5.78 Το καστανό χρώμα οφείλεται κυρίως στην εκλεκτική απορρόφηση του διοξειδίου του αζώτου, που υπάρχει στην ομίχλη.

5.79 Η αίγλη προέρχεται από την ανασκέδαση του φωτός προς την πηγή του πάνω σε μικρά σωματίδια· η ακτίνα τους είναι περίπου ίση ή λίγο μεγαλύτερη από το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Η σκέδαση αυτή περιγράφεται από τη θεωρία του Mie και όχι από τη θεωρία του Rayleigh (αυτή αναφέρεται σε μικρότερα σωματίδια — όπως στην ερ. 5.59) ή από την κανονική ανάκλαση και διάθλαση (αυτές αναφέρονται σε μεγαλύτερα σωματίδια). Έτσι, καθώς επιστρέφει προς την πηγή της μια ηλιαχτίδα, εισχωρεί σε μια σταγόνα νερού (από μια πλευρά της) ανακλάται στο εσωτερικό της, ολισθαίνει κατά μήκος της επιφανείας της και στη συνέχεια εξέρχεται από την αντίθετη πλευρά της σταγόνας. Η «ολίσθηση» αυτή είναι ένα επιφανειακό κύμα και δεν αναφέρεται στη συνήθη γεωμετρική οπτική που χρησιμοποιούμε, για να εξηγήσουμε τα ουράνια τόξα (ερ. 5.32). Οι γωνίες των ακτίνων που επιστρέφουν προς την πηγή τους, αν οι προσπίπτουσες ακτίνες αντιστοιχούν σε διαφορετικά χρώματα, διαφέρουν λίγο, με αποτέλεσμα να σχηματίζουν τα διακριτά έγχρωμα δαχτυλίδια γύρω από τη σκιά του κεφαλιού του παρατηρητή. Επειδή οι παραπάνω γωνίες εξαρτώνται από το μέγεθος των σταγόνων, τα χρώματα εξαφανίζονται, όταν έχουν μεγάλη ποικιλία μεγεθών τα υδροσταγονίδια του σύννεφου.

5.80 Τα ηλιακά και σεληνιακά στέμματα είναι δακτύλιοι περίθλασης του φωτός, που προέρχονται από μικρές σταγόνες νερού, οι οποίες βρίσκονται στη γραμμή παρατήρησης. Το φαινόμενο εξηγείται καλύτερα με τη θεωρία του Mie (όπως και στην ερ. 5.79) αλλά και με τη συμβατική θεωρία της περίθλασης του φωτός γύρω από

μια μικρή σφαίρα. (βλ. ερ. 5.96 και 5.98). Σύμφωνα με την τελευταία ερμηνεία οι φωτεινές ακτίνες, που διασχίζουν τη σταγόνα του νερού, συμβάλλουν και σχηματίζουν φωτεινούς και σκοτεινούς δακτύλιους, στους οποίους αντιστοιχούν συμβολές σε φάση και σε αντίθεση φάσης. Οι γωνιακές θέσεις των φωτεινών και σκοτεινών δακτυλίων εξαρτώνται από το μέγεθος των σταγόνων και το μήκος κύματος του φωτός. Όταν έχουν ομοιόμορφο μέγεθος οι σταγόνες, τότε σχηματίζονται ευδιάκριτοι έγχρωμοι δακτύλιοι, στους οποίους τα μεγάλα μήκη κύματος (ερυθρό) βρίσκονται στο εξωτερικό, ενώ τα μικρά μήκη κύματος (μπλε) στο εσωτερικό μέρος τους.

5.81 Τα στέμματα των παγωμένων τζαμιών οφείλονται στη σκέδαση του φωτός, που αναλύσαμε στην προηγούμενη ερώτηση. Υπάρχουν όμως μερικές διαφορές. Αντί να γίνεται πάνω σε σφαιρικές σταγόνες με τυχαία κατανομή στο χώρο, γίνεται σε σταγόνες επίπεδες και με ομοιόμορφη κατανομή.

5.82 Το δαχτυλίδι του Bishop είναι ένας δακτύλιος περίθλασης, που σχηματίζεται από μικρά αιωρούμενα σωματίδια. Αυτά οφείλονται σε ηφαιστειακές εκρήξεις και μετά το κατακάθισμα των προϊόντων της έκρηξης, μένουν κατανεμημένα στο χώρο ανάλογα με το μέγεθός τους. Όπως και στην ερ. 5.79, για να υπολογίσουμε την ένταση του σκεδαζόμενου φωτός από τα σωματίδια, των οποίων οι ακτίνες είναι ίσες περίπου με το μήκος κύματος του ορατού φωτός, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τη θεωρία διαχύσεως του Mie.

5.83. Τα έγχρωμα δαχτυλίδια, που περιβάλλουν τα φώτα του δρόμου, είναι ορατά, ακόμη και όταν είναι εντελώς καθαρή η νύχτα. Όπως συνέβαινε με τα στέμματα των προηγούμενων ερωτήσεων, έτσι και αυτά παράγονται από την περίθλαση του φωτός γύρω από μικρά σωματίδια, τα οποία έχουν διαστάσεις ίσες περίπου με το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Η διαφορά σ' αυτή την περίπτωση οφείλεται στο ότι τα σωματίδια βρίσκονται στο εσωτερικό του ματιού. Πιθανά αντικείμενα, που προκαλούν αυτή την ενδοφθάλμια άλω, είναι οι ακτινικές ίνες του κρυσταλλοειδούς φακού ή σωματίδια του βλεφαρονογόνου, ο οποίος σκεπάζει τον κερατοειδή χιτώνα. Ανάλογη ενδοφθάλμια περίθλαση αναφέρεται και στην ερ. 5.96.

5.84 Σε αντίθεση με τη διάχυση Rayleigh του προβλήματός 5.59, η γαλάζια σελήνη οφείλεται στη διάχυση του φωτός από τα αεροζόλ της ατμόσφαιρας, η ακτίνα των οποίων κυμαίνεται από 0,4 έως 0,9 μικρά του μέτρου (οι διαστάσεις τους δηλαδή αντιστοιχούν στα μήκη κύματος του ορατού φωτός). Τα σωματίδια αυτών των διαστάσεων σκεδάζουν περισσότερο τα μεγάλα μήκη κύματος (ερυθρό άκρο του φάσματος) παρά τα μικρά (μπλε άκρο). Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι να βλέπουμε μπλε, το συνήθως λευκό φεγγάρι, γιατί διαχέουν εντονότερα τα αεροζόλ την ερυθρή ακτινοβολία του· έτσι φτάνει σε μας περισσότερη μπλε ακτινοβολία. Τα αεροζόλ στη γήινη ατμόσφαιρα παράγονται συνήθως από τις εκρήξεις των ηφαιστείων ή από τις πυρκαγιές των δασών. Η επιλογή των σωματιδίων με την κατάλληλη ακτίνα (που προαναφέραμε) γίνεται είτε με τη διαδικασία της καθίζησής τους στην ατμόσφαιρα είτε με τη διαδικασία της συμπύκνωσης (κατά την οποία μεγαλώνει το μέγεθος μικρών πυρήνων συμπύκνωσης).

5.85 Η αποτελεσματικότητα των κίτρινων προβολέων για την ομίχλη —παρά τις πολυάριθμες μελέτες— δεν έχει ακόμη διασαφηνιστεί. Το μπλε φως σκεδάζεται περισσότερο από το ερυθρό, αν τα σωματίδια της ομίχλης έχουν ακτίνες μικρότερες από τα 0,2 μικρά του μέτρου. Το κίτρινο φως συνεπώς διασχίζει ευκολότερα την ομίχλη γιατί έχει μήκος κύματος μεγαλύτερο από το πράσινο και το μπλε. Σωματίδια όμως με τις διαστάσεις που αναφέραμε στην προηγούμενη ερώτηση (βλ. απάντ. 5.84), προκαλούν ακριβώς το αντίθετο αποτέλεσμα. Για ακόμη μεγαλύτερα σωματίδια (που συνήθως υπάρχουν στην ομίχλη) το κίτρινο χρώμα δεν παρουσιάζει κανένα πλεονέκτημα. Το συμπέρασμα λοιπόν που προκύπτει απ' όλα τα προαναφερθέντα, είναι ότι το πρόβλημα της απορρόφησης του φωτός από τα διάφορα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας είναι πολύ ενδιαφέρον.

5.86 Το μπλε χρώμα προκύπτει από τη σκέδαση του φωτός πάνω σε πολύ μικρά σωματίδια, το μέγεθος των οποίων είναι μικρότερο από το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Αυτά μπορεί να είναι μακρομόρια τερπενίων* που απελευθερώνονται από διάφορα φυτά, ή σωματίδια, που αποσπώνται από τις άκρες φυτών (π.χ. τις άκρες ενός φύλλου), όταν το γήι-

νο ηλεκτρικό πεδίο είναι έντονο (βλ. ερ. 6.33) ή και όταν δημιουργούνται Διόσκουροι (βλ. ερ. 6.46). Η σκέδαση που αναφέραμε, ερμηνεύεται από το μοντέλο σκέδασης του Rayleigh (βλ. ερ. 5.59), κατά το οποίο η μπλε ακτινοβολία του ορατού φωτός διαχέεται περισσότερο από τις υπόλοιπες. Εάν όμως το μέγεθος των σωματιδίων είναι παραπλήσιο με το μήκος κύματος του ορατού φωτός, είναι ανάγκη να κάνουμε χρήση του μοντέλου σκέδασης του Mie, για να ερμηνεύσουμε το χρώμα και την ένταση αυτής της διάχυσης.

*Σ.τ.Μ: Είναι οι πτητικές χημικές ενώσεις που υπάρχουν σε ορισμένα δέντρα και λουλούδια (π.χ. καμφορά, νέφτι, κ.α.).

5.87 Για να μπορέσετε να δείτε τη σκιά σας πάνω σε ρηχά νερά, πρέπει να διακρίνετε το φως που ανακλάται από την επιφάνειά τους. Στα διαυγή νερά αυτό το σχετικά ασθενές φως πνίγεται μέσα σ' αυτό, που ανακλάται από τον πυθμένα. Όταν όμως τα νερά είναι θολά, το φως του πυθμένα περιορίζεται σημαντικά (ή και εξαφανίζεται), πράγμα που σας επιτρέπει να ξεχωρίσετε τις σκοτεινές από τις φωτεινές περιοχές εξαιτίας της ανάκλασης του φωτός πάνω στην επιφάνεια του νερού. Για να δείτε τις σκιές άλλων ανθρώπων πρέπει να μην υπάρχει ή να είναι ελάχιστο το φως, που ανακλάται από τον πυθμένα. Τα έγχρωμα άκρα των σκιών προέρχονται από τη σκέδαση του φωτός στα μικρά σωματίδια, που αιωρούνται στο νερό. Αυτά, όπως και τα σωματίδια της ερώτησης 5.59 ή των ερωτήσεων 5.88, 5.89 και 5.90, σκεδάζουν περισσότερο τα μικρά μήκη κύματος (μπλε). Αν υποθέσουμε λοιπόν ότι παρατηρείτε μια σκιά δίπλα στη δική σας, η άκρη που βρίσκεται κοντά σας, θα φαίνεται μπλε (επειδή το σκεδασμένο φως είναι ευδιάκριτο στο σκοτεινό φόντο της σκιάς) ενώ η απομακρυσμένη άκρη της κόκκινη (επειδή το φως της έχει χάσει εξαιτίας της σκέδασης, την μπλε συνιστώσα του).

5.88, 5.89 και **5.90** Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις το φως διαχέεται από πολύ μικρά σωματίδια. Όπως και στην ερώτηση για το μπλε χρώμα του ουρανού (ερ. 5.59), η θεωρία σκέδασης του Rayleigh εφαρμόζεται στα σωματίδια, που έχουν διαστάσεις μικρότερες από το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Στην περίπτωση αυτή το μπλε φως σκεδάζεται περισσότερο από το ερυθρό. Έτσι λοιπόν τα αιωρούμενα σφαιρίδια του γάλατος και τα σωματίδια του καπνού, φαίνονται γαλάζια, όταν τα παρατηρείτε από τη μεριά της λάμπας (με φόντο δηλ. το δωμάτιο) ή από πλάγια. Φαίνονται όμως κόκκινα ή κίτρινα, όταν τα παρατηρείτε με φόντο τη φωτεινή πηγή. (Στην περίπτωση του καπνού της εξοχής η διαφορά οφείλεται στο ότι τη μια φορά το φως έρχεται πίσω από τον παρατηρητή, ενώ την άλλη από μπροστά του).

5.91 Τα χρώματα των υμενίων λαδιού και σαπουνοδιαλύματος οφείλονται στον ίδιο τύπο συμβολής από ανάκλαση μ' αυτόν που προκαλεί τις γαλάζιες αποχρώσεις στα φτερά της πεταλούδας Morpho (βλ. ερωτ. 5.94). Το φως που ανακλάται στη μια επιφάνεια του υμενίου, συμβάλλει με το φως που ανακλάται στη δεύτερη επιφάνειά του. Αν η συμβολή γίνεται σε φάση ή όχι, εξαρτάται από το μήκος κύματος του φωτός, το δείκτη διαθλάσεως του υμενίου και το μήκος της διαδρομής του φωτός μέσα στο υμένιο. Εάν το υμένιο έχει πάχος μικρότερο από το ένα τέταρτο του μήκους κύματος του φωτός και περιβάλλεται από αέρα, η συμβολή του φωτός, γίνεται σε αντίθεση φάσης· έτσι το υμένιο φαίνεται σκοτεινό στον παρατηρητή που βρίσκεται στην ίδια πλευρά με τη φωτεινή πηγή. Αν το υμένιο γινόταν προοδευτικά παχύτερο, η συμβολή σε φάση θα δημιουργούσε όλο και μεγαλύτερου μήκους κύματος χρώματα. Αν διατηρούμε ένα λεπτό υμένιο σαπουνιού κατακόρυφο με τη βοήθεια ενός συρμάτινου βρόγχου και το φωτίσουμε με λευκό φως, η περιοχή της κορυφής του θα είναι αρκετά λεπτή και θα φαίνεται σκοτεινή. Στην υπόλοιπη έκτασή του θα φαίνεται έγχρωμο εξαιτίας συμβολών σε φάση. Κατά περίεργο όμως τρόπο εμφανίζεται μια λευκή ζώνη ακριβώς κάτω από τη σκοτεινή περιοχή. Η αιτία συνίσταται στο ότι το πάχος του υμενίου στα σημεία αυτά είναι τέτοιο, που οι συμβολές γίνονται μερικώς σε φάση για το σύνολο του φάσματος του ορατού φωτός. (από προσωπική μου επικοινωνία με τους Bayman και Eaton).

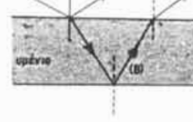
5.92 Η προέλευση αυτών των δακτυλίων δε φαίνεται να έχει ερευνηθεί. Πρόκειται μάλλον για ενδοφθάλμια άλω (όπως της ερ. 5.83) και προέρχεται από σωματίδια του βλενογόνου ή από μικρές σταγόνες νερού, που βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια του ματιού.

5.93 Ο υγρός κρύσταλλος είναι

ένα υλικό, το οποίο διαθέτει τα χαρακτηριστικά της υγρής και της στερεάς κατάστασης συγχρόνως· βρίσκεται με τρεις μορφές ανάλογα με τη μοριακή δομή του. Ο σμηγματικός τύπος αποτελείται από μόρια παρατεταγμένα στην ίδια διεύθυνση και σε παράλληλα στρώματα. Ο νηματικός τύπος έχει την ίδια μορφή διάταξης αλλά χωρίς παράλληλα στρώματα. Ο τρίτος τύπος, ο χοληστερικός, είναι εκείνος που προκαλεί χρώματα σε μερικά παιχνίδια με υγρούς κρυστάλλους, που άρχισαν να πουλιούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο τελευταίος τύπος περιέχει διάφορα στρώματα μορίων· τα μόρια κάθε στρώματος είναι διατεταγμένα παράλληλα μεταξύ τους. Η διεύθυνση όμως της διάταξης διαφέρει λίγο από στρώμα σε στρώμα με τέτοιον τρόπο μάλιστα, ώστε ένα διάνυσμα που υποδεικνύει τη διεύθυνση προσανατολισμού των μορίων να γράφει ελικοειδή τροχιά, κατερχόμενο από το ένα στρώμα στο άλλο. Το βήμα αυτού του έλικα καθορίζει το μήκος κύματος του φωτός που ανακλάται έντονα από τον υγρό κρύσταλλο. Φως άλλων μηκών κύματος απλώς διασχίζει τον κρύσταλλο. Εάν πιέσετε τον κρύσταλλο (τα παιχνίδια με υγρούς κρυστάλλους πουλιούνται συσκευασμένα μέσα σε εύκαμπτα πλαστικά κουτιά) ή αλλάξετε τη θερμοκρασία του, θα μεταβάλετε το βήμα του έλικα, με αποτέλεσμα να αλλάξει το χρώμα, το οποίο ανακλά επιλεκτικά ο κρύσταλλος.

5.94 Το όμορφο γαλάζιο χρώμα, που παρουσιάζουν τα φτερά της Morpho, οφείλεται στη συμβολή του φωτός από ανάκλαση σε ένα δικτυωτό λεπτό υμένιο, το οποίο στηρίζεται στην επιφάνεια των φτερών της και είναι σχεδόν παράλληλο μ' αυτά. Από το λευκό φως, που προσπίπτει στην επάνω επιφάνεια του υμενίου, ένα μέρος ανακλάται (ας το ονομάσουμε ακτίνα Α) και το υπόλοιπο εισχωρεί στο εσωτερικό του υμενίου. Ένα μέρος αυτού του φωτός (ας το ονομάσουμε ακτίνα Β) ανακλάται στον «πυθμένα» του υμενίου, επιστρέφει στην επάνω επιφάνειά του και εξέρχεται απ' αυτό.* Οι ακτίνες Α και Β είναι δυνατό να συμβάλλουν σε συμφωνία ή σε αντίθεση φάσης, γεγονός το οποίο εξαρτάται από τη διαφορά φάσης τους. Αυτή με τη σειρά της εξαρτάται από το μήκος κύματος του φωτός, το πάχος του υμενίου, το δείκτη διαθλάσεώς του και από τις γωνίες εισόδου και εξόδου του φωτός απ' αυτό. Για μπλε φως, το οποίο πέφτει κάθετα στο υμένιο, οι ακτίνες Α και Β συμβάλλουν σε συμφωνία φάσης. Οι ακτίνες Α και Β όλων των άλλων χρωμάτων του προσπίπτοντος λευκού φωτός συμβάλλουν σε αντίθεση φάσης ή και με τυχαία διαφορά φάσης, με αποτέλεσμα να συνεισφέρουν ελάχιστα στο φως που δέχεται ο παρατηρητής. Γι' αυτό το λόγο βλέπει τα φτερά της πεταλούδας μπλε. Όταν όμως ο παρατηρητής αλλάζει τη γωνία, με την οποία παρατηρεί την πεταλούδα ή αλλάζει τη γωνία του προσπίπτοντος φωτός, τότε το μήκος της διαδρομής, που κάνει το φως μέσα στο υμένιο, αλλάζει με συνέπεια ν' αλλάζει ταυτόχρονα και η διαφορά φάσης των ακτίνων Α και Β. Αυτό συνεπάγεται ότι, για να συμβάλλουν πάλι σε φάση, πρέπει να έχουν διαφορετικό μήκος κύματος. Τα φτερά λοιπόν της πεταλούδας θα φαίνονται ότι έχουν διαφορετικό χρώμα.

*Σ.τ.Μ:



5.95 Οι σκοτεινές γραμμές, που υπάρχουν ανάμεσα στα δάχτυλά σας, είναι σκοτεινές ταινίες περίθλασης του φωτός, που διασχίζει τα κενά διαστήματα, τα οποία υπάρχουν μεταξύ τους.

5.96 Οι κηλίδες είναι δακτύλιοι περίθλασης του φωτός στα σφαιρικά κύτταρα του αίματος, τα οποία «επιπλέουν» ακριβώς μπροστά από την ωχρά κηλίδα του αμφιβληστροειδούς χιτώνα του ματιού.

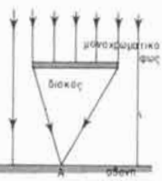
Τα κύτταρα του αίματος αποσπώνται εξαιτίας των γερατειών ή κάποιου βίαιου χτυπήματος στο κεφάλι και όσο χρόνο πλέουν στο υδατικό περιβάλλον που υπάρχει μπροστά από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα, φουσκώνουν εξαιτίας της οσμωτικής πίεσης αποκτώντας σφαιρικό σχήμα.

5.97 Εάν ο χρόνος εκθέσεως του φιλμ είναι αυτός που πρέπει, τότε θα έχουν αποτυπωθεί στη φωτογραφία οι ακτινωτές λάμψεις του αστεριού εξαιτίας του σπινθηρίσματός του (βλ. ερ. 5.102). Ακτινωτές λάμψεις εμφανίζονται επίσης εξαιτίας της περίθλασης του φωτός του αστεριού από τα ευθύγραμμα τμήματα της περιμέτρου του διαφράγματος της φωτογραφικής μηχανής. Τα διαφράγματα δεν είναι τελείως κυκλικά αλλά αποτελούνται από πολυάριθμα ευθύγραμμα τμήματα έτσι, που να είναι δυνατή η

ρύθμιση του ανοίγματός τους. Η κόρη του οφθαλμού δεν είναι επίσης εντελώς κυκλική και η περίθλαση του φωτός του αστεριού από τα ευθύγραμμα άκρα της παράγει επιπρόσθετα ακτινωτές λάμψεις. Οι ακτινωτές λάμψεις πρέπει να εμφανίζονται πάντα κατά ζεύγη.

5.98 Οι δακτύλιοι συμβολής της εικ. 5.98 δεν είναι παρά δακτύλιοι περίθλασης του φωτός από το δίσκο ή τη σφαίρα. Το φως που περνά εφαπτομενικά από τη σφαίρα, συμβάλλει, δημιουργώντας δακτυλίους, σκοτεινούς και φωτεινούς, πάνω στην απομακρυσμένη οθόνη.* Η κεντρική φωτεινή κηλίδα απέχει ίσο από τα άκρα της σφαίρας· έτσι οι ακτίνες φτάνουν και συμβάλλουν στην οθόνη σε συμφωνία φάσης.

*Σ.τ.Μ:



5.99 και 5.100 Η προέλευση των σκοτεινών ζωνών παραμένει ελάχιστα γνωστή. Η πλέον ικανοποιητική εξήγηση υποστηρίζει σήμερα ότι πρόκειται για κροσσούς συμβολής του φωτός, που διασχίζει θύλακες αέρα μεταβλητής πυκνότητας.

5.101 Η λίμνη συμπεριφέρεται, σαν να ήταν μια και μόνη σχισμή και ο παρατηρητής που βρίσκεται στο αεροπλάνο, βλέπει τις φωτεινές και σκοτεινές ραβδώσεις περίθλασης.

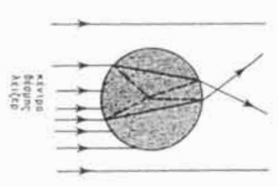
5.102 Το σπινθηροβόλημα των αστέρων οφείλεται στις στροβιλώδεις κινήσεις του αέρα, γεγονός για το οποίο ευθύνεται η ανομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στην ατμόσφαιρα. Μικροί θύλακες στροβιλιζόμενου αέρα, μήκους λίγων εκατοστών ή μερικών μέτρων, διαθλούν συνεχώς — πότε προς τη μια και πότε προς την άλλη — το φως των αστεριών, μετατρέποντας τις ευθύγραμμες ακτίνες του σε τεθλασμένες. Το παραπάνω γεγονός είναι σημαντικό για αστέρες, το είδωλο των οποίων είναι μικρό και σχεδόν ασήμαντο για τα είδωλα της σελήνης και των πλανητών.

5.103 Η υπεριώδης ακτινοβολία απορροφάται από τις οργανικές ενώσεις των πιγμέντων και αλλάζει τους δεσμούς τους, με αποτέλεσμα να περιορίζονται σημαντικά οι χρωματικές τους ιδιότητες.

Ο αποχρωματισμός από το υπεριώδες φως είναι ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους που απειλούν τους ζωγραφικούς πίνακες, οι οποίοι εκτίθενται σε μουσεία εξοπλισμένα με λάμπες φθορισμού εξαιτίας της ανάγκης ομοιόμορφου φωτισμού. Οι λάμπες αυτές, όταν λειτουργούν, εκπέμπουν μεγάλη ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας. Γι' αυτό σήμερα είτε οι λάμπες ή οι πίνακες έχουν φίλτρα, που συγκρατούν την υπεριώδη ακτινοβολία, είτε χρησιμοποιούν και πάλι στα μουσεία λυχνίες πυρακτώσεως.

5.104 Το φως έχει ορμή και είναι κατά συνέπεια ικανό να εξασκήσει μια δύναμη. Το λέιζερ που χρησιμοποιείται σ' αυτό το πείραμα, είναι μια ισχυρή φωτεινή δέσμη, που ασκεί στο σφαιρίδιο δύναμη, αρκετή για να το στηρίζει. Η ευστάθεια του σφαιριδίου οφείλεται στη διάθλαση του φωτός κατά τη διέλευσή του μέσα απ' αυτό. Η δέσμη του λέιζερ είναι ισχυρότερη στο κέντρο της. Ας θεωρήσουμε λοιπόν μια σφαίρα λίγο μετατοπισμένη σε σχέση με το κέντρο της δέσμης (στο εσωτερικό της όμως). Μια ακτίνα φωτός, που εισχωρεί στη σφαίρα κοντά στην άκρη της δέσμης διαθλάται στην επιφάνειά της, διαδίδεται μέσα της και βγαίνοντας διαθλάται ξανά με κατεύθυνση το κέντρο της δέσμης.* Συνολικά η φωτεινή ακτίνα παρεκκλίνει και ασκεί συνεπώς μια δύναμη στη σφαίρα. Μια φωτεινή ακτίνα, που εισχωρεί στη σφαίρα κοντά στο κέντρο της δέσμης, παθαίνει μια παρόμοια παρέκκλιση· κατευθύνεται όμως προς την άκρη της δέσμης.* Αυτές οι δυο παρεκκλίσεις εξασκούν άνωση στη σφαίρα. Και οι δύο παράγουν πλευρικές δυνάμεις. Το φως πάντως που παρεκκλίνει προς το κέντρο της δέσμης, είναι πιο ασθενικό από αυτό που παρεκκλίνει προς το άκρο της. Η συνισταμένη συνεπώς πλευρική δύναμη κατευθύνεται προς το κέντρο της δέσμης, τείνοντας να επαναφέρει τη σφαίρα σ' αυτό.

*Σ.τ.Μ:



5.105 Οι σκοτεινές και φωτεινές ζώνες δεν είναι παρά οι δακτύλιοι περίθλασης του φωτός στις «τρυπούλες» της κουρτίνας.

Μπορείτε να δείτε παρόμοιους δακτύλιους περισσότερο χρωματισμένους αν κοιτάξετε μέσα από το ύφασμα μιας ομπρέλας.

5.106 Η φασματική περιοχή του φωτός, στην οποία ακτινοβολεί εντονότερα ένας αστέρας, εξαρτάται από τη θερμοκρασία της επιφάνειάς του (ακριβέστερα από την τέταρτη δύναμη της θερμοκρασίας του, όταν αυτή μετριέται σε βαθμούς Κέλβιν). Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του αστέρα, τόσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος του μέγιστου της ακτινοβολούμενης ισχύος. Ένα «κρύο» αστέρι ακτινοβολεί μια ασήμαντη ποσότητα ορατού φωτός. Στο βαθμό όμως που διαπραγματευόμαστε αστέρες όλο και πιο «θερμούς» η φασματική περιοχή της έντονης ακτινοβολίας τους εισέρχεται στη ζώνη του ορατού από την ερυθρά άκρη του. (Έτσι ακτινοβολεί μόνο στην περιοχή του ερυθρού ή του πορτοκαλί, εφόσον η θερμοκρασία έχει την απαιτούμενη τιμή). Ένας αστέρας μπορεί να έχει μέγιστο ακτινοβολούμενης ισχύος στο μέσο του ορατού φάσματος κι έτσι να εκπέμπει σχεδόν ομοιόμορφα όλα τα χρώματα. Ένας τέτοιος αστέρας είναι λευκός σαν τον ήλιο. Ένας θερμότερος ακόμη αστέρας μπορεί να έχει το μέγιστο της ισχύος του στο υπεριώδες· να εκπέμπει επομένως περισσότερο μπλε σε σύγκριση με τα άλλα χρώματα. Αποτέλεσμα αυτού είναι να φαίνεται ο αστέρας σχεδόν γαλάζιος.

5.107 Τα φώτα που συνοδεύουν τους σίφουνες ξηράς, είναι ανεξήγητα ακόμη. Εξάλλου δεν έχει βρεθεί ακόμη ούτε η αιτία που προκαλεί τους σίφουνες (βλ. ερ. 4.66). Το πιθανότερο είναι ότι παράγονται τα φώτα αυτά από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις, που συμβαίνουν στους σίφουνες.

5.108 Το φως προέρχεται από μόρια, που διεγέρθηκαν εξαιτίας διαφορών φορτίου, οι οποίες δημιουργήθηκαν στα κρυσταλλικά επίπεδα, καθώς έσπαζαν οι κρύσταλλοι της ζάχαρης όταν γινόταν το ανακάτεμά της.

5.109 Η ακτινοβολία που προκαλεί το μαύρισμα και τα εγκαύματα από το φως του ηλίου, είναι η υπεριώδης. Εάν εκτεθείτε σε μεγάλες δόσεις ή για πολύ ώρα στην υπεριώδη ακτινοβολία, είναι πιθανό να πάθουν ζημιές το δέρμα και η επιδερμίδα σας. Και αυτό διότι συμβαίνει διαστολή των τριχοειδών αγγείων, τα οποία μεταφέρουν περισσότερο αίμα στην επιφάνεια του δέρματος. Έτσι κοκκινίζει αυτό και θερμαίνεται. Λιγότερο παρατεταμένη έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία μαυρίζει απλώς την ανοιχτόχρωμη επιδερμίδα, επειδή οξειδώνεται καταρχήν ένα άχρωμο συνήθως πιγμέντο και στη συνέχεια δραστηριοποιείται (ή πιθανώς δρα έμμεσα αδρανοποιώντας έναν παρεμποδιστή) η τυροσινάση. Αυτή η δραστηριοποίηση αυξάνει την ποσότητα ενός καφέ ή μαύρου πιγμέντου, της μελανίνης. Η μελανίνη προστατεύει τους πυρήνες των κυττάρων της επιδερμίδας, σχηματίζοντας ένα στρώμα πάνω από τα κύτταρα και φιλτράροντας την υπεριώδη ακτινοβολία. Υπάρχουν τριών ειδών αντιηλιακά λάδια και γαλακτώματα. Μερικά (που περιέχουν οξείδιο του ψευδαργύρου ή του τιτανίου) απορροφούν όλο το ορατό και υπεριώδες φως, δεν επιτρέπουν κανένα μαύρισμα και προστατεύουν τις ευαίσθητες επιδερμίδες. Άλλα (που περιέχουν βενζοφενόνη) απορροφούν όλη την υπεριώδη ακτινοβολία και έτσι δεν επιτρέπουν το μαύρισμα. Της τρίτης ομάδας (που περιέχουν ουσίες όπως το αμινοβενζοϊκό οξύ) επιτρέπουν το μαύρισμα αλλά προστατεύουν παράλληλα το δέρμα από τα εγκαύματα χάρη σε μια εκλεκτική απορρόφηση. Τα μήκη κύματος του υπεριώδους μεταβάλλονται μεταξύ των 0,28 και 0,4μm. Ακτινοβολίες με μικρότερα μήκη κύματος δε διασχίζουν την ατμόσφαιρα, ενώ αυτές με μεγαλύτερα ανήκουν στο ορατό φάσμα. Σ' αυτή την περιοχή του φάσματος τα μήκη κύματος που περιέχονται μεταξύ των 0,29 και 0,32μm, είναι εκείνα που προκαλούν κυρίως τα εγκαύματα, ενώ αυτά που περιέχονται μεταξύ των 0,31 και 0,4μm, είναι εκείνα που προκαλούν το μαύρισμα κυρίως. Ο στόχος επομένως των αντιηλιακών της τρίτης ομάδας είναι να αφαιρέσουν μ' ένα κατάλληλο φιλτράρισμα τα μήκη κύματος που είναι μικρότερα των 0,31μm. Το μαύρισμα και τα εγκαύματα δημιουργούνται πιο δύσκολα το πρωί παρά το απόγευμα, επειδή κάνει μεγαλύτερη διαδρομή το φως του ηλίου μέσα στην ατμόσφαιρα· έτσι απορροφάται περισσότερη υπεριώδης ακτινοβολία. Το γυαλί απορροφά επίσης το υπεριώδες. Τα εγκαύματα συμβαίνουν πιο συχνά πάνω στα ψηλά βουνά, γιατί το φως διατρέχει μικρότερο διάστημα μέσα στην ατμόσφραιρα.

Είναι επίσης πιο συχνά στις ακρογιαλιές, εξαιτίας της ανάκλασης της υπεριώδους ακτινοβολίας στην άμμο.

5.110 και 5.111 Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις της βιοφωταύγειας δύο υλικά παράγουν το φως. Τα ονομάζουμε γενικώς λουσιφερίνη και λουσιφεράση· η φύση τους όμως διαφέρει από οργανισμό σε οργανισμό. Η λουσιφεράση είναι ένα απλό ένζυμο, ένας βιοκαταλύτης δηλαδή των αντιδράσεων, που παράγουν φως. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί παρουσιάζουν φωταύγεια με τρεις τρόπους. Μπορεί να διαθέτουν ειδικά κύτταρα, που μερικές φορές είναι τόσο τελειοποιημένα ώστε μοιάζουν με φαναράκια. Μπορεί να εκπέμπουν φωτογενή «σύννεφα». Τέλος είναι δυνατό να μην είναι τα ίδια φωτογενή αλλά να φιλοξενούν φωτογενή βακτήρια.

Τα δινομαστιγωτά κάνουν τη θάλασσα κόκκινη, κίτρινη ή καφέ κατά τη διάρκεια της ημέρας με το φυσικό τους χρώμα· τη νύχτα όμως βγάζουν μια λάμψη γαλάζια, όταν παρενοχλούνται. Ένα είδος εσωτερικού ρολογιού ρυθμίζει αυτό το φως. Εάν διατηρήσουμε τα δινομαστιγωτά κάτω από ένα ασθενικό και σταθερό φωτισμό και τα ανακατέψουμε, θα εκπέμπουν τη μέγιστη φωτεινή ακτινοβολία τους μια ώρα περίπου μετά τα μεσάνυχτα. Η διαδικασία αυτή μπορεί να διαρκέσει πολλές εβδομάδες. Οι πυγολαμπίδες παράγουν φως με μια σειρά χημικών αντιδράσεων. Η απόδοση της μετατροπής ενέργειας σε φως είναι 100%, γιατί από κάθε μόριο λουσιφερίνης που οξειδώνεται, εκπέμπεται ένα φωτόνιο. Αυτό το φως το αποκαλούμε «ψυχρό» γιατί, σε αντίθεση με τις λυχνίες πυράκτωσης, τη φλόγα των κεριών, τα πυρακτωμένα σίδερα κ.λ.π. δεν προέρχεται από την υψηλή θερμοκρασία και τη θερμική κίνηση των μορίων. Στο φως των βακτηρίων αποδίδεται το μεγαλύτερο μέρος της φωταύγειας των τροφίμων. Η εκπομπή του φωτός αποτελεί τμήμα της φυσικής διαδικασίας, με την οποία οι μικροοργανισμοί παίρνουν ενέργεια από τα τρόφιμα.

5.112 Αυτού του τύπου τα γυαλιά ηλίου διαθέτουν μικρούς κρυστάλλους, που με το φως αντιδρούν.

Εάν είναι, για παράδειγμα, κρύσταλλοι βρωμιούχου αργύρου, το φως μετασχηματίζει τα ιόντα αργύρου σε άτομα αργύρου, με αποτέλεσμα να σκουραίνει το γυαλί. Επειδή όμως τα άτομα του αργύρου είνα εγκλωβισμένα δίπλα στα άτομα βρωμίου μόλις αδυνατίζει το φως, αντιδρούν, με αποτέλεσμα να αποκτά πάλι το γυαλί ανοιχτό χρώμα.

5.113 Οι φθορίζουσες αφίσες απορροφούν υπεριώδες φως και το επανεκπέμπουν ως ορατό. Αν λοιπόν φωτιστεί η αφίσα με υπεριώδες φως (αόρατο), θα δίνει την εντύπωση ότι φωτοβολεί χωρίς κανένα εξωτερικό ερέθισμα. Τα απορρυπαντικά που δίνουν στα ρούχα το «λευκότερο» λευκό, βασίζονται στην ίδια αρχή. Μετασχηματίζουν το υπεριώδες φυσικό χρώμα σε μπλε, το οποίο προστίθεται στο ορατό φως, που ακτινοβολούσε το ύφασμα. Η παραπάνω λοιπόν έκφραση στη γλώσσα των διαφημιστών σημαίνει ότι το ρούχο εκπέμπει περισσότερο ορατό φως απ' αυτό που θα εξέπεμπε εκ του φυσικού.

5.114 Τα ηλεκτρόνια που εκπέμπουν τα ηλεκτρόδια, συγκρούονται με τα άτομα των ατμών υδραργύρου και έτσι τα διεγείρουν (ηλεκτρόνια των εξωτερικών στοιβάδων μεταπηδούν σε άλλες περισσότερο απομακρυσμένες από το πυρήνα). Όταν αποδιεγείρονται τα άτομα του υδραργύρου, εκπέμπουν υπεριώδες φως, που απορροφάται από τους κρυστάλλους φωσφόρου, οι οποίοι καλύπτουν την εσωτερική επιφάνεια του γυάλινου σωλήνα. Η αποδιέγερση των κρυστάλλων παράγει το ορατό φως που βλέπουμε. Οι κρύσταλλοι εκπέμπουν το φως με συχνότητα 2Hz αντί 100Hz, που είναι η συχνότητα των εκκενώσεων. Αν οι κρύσταλλοι αποδιεγείρονται αμέσως μετά την διέγερσή τους, η λάμπα θα αναβόσβηνε με ανυπόφορο τρόπο.

5.115 Η κηλίδα αυτή είναι κροσσοί συμβολής των παραλλήλων ακτίνων (σύμφωνο στο χώρο φως), που διαχέονται από τις μικροδομές της επιφάνειας του χαρτιού. Σύμφωνο στο χώρο φως είναι εκείνο, στο οποίο η φάση του φωτός, που εκπέμπεται από ένα σημείο της πηγής, έχει χρονικά αμετάβλητη σχέση με τη φάση του φωτός που εκπέμπει ένα άλλο σημείο της. Μια τέτοια σχέση είνάι αναγκαία για να διατηρείται σταθερός ο κροσσός συμβολής. Ώς ένα ορισμένο βαθμό το φως του ηλίου είναι σύμφωνο στο χώρο· έτσι μπορεί να δημιουργήσει τέτοιου είδους κηλίδα. Η φαινομένη κίνηση της έγχρωμης κηλίδας, όταν ο παρατηρητής κινείται, προέρχεται από την παράλλαξη, που οφείλεται στο ότι τα μάτια δεν εστιάζονται στην επιφάνεια, η οποία προκαλεί τη διάχυση του φωτός. Εάν απέχει για παράδειγμα, αυτή η επιφάνεια μερικά μέτρα από ένα μύωπα παρατηρητή, τα μάτια του θα

εστιάζονται μπροστά απ' αυτήν. Όταν κινήσει το κεφάλι του προς τα αριστερά, εξαιτίας της παράλλαξης θα έχει την εντύπωση ότι η έγχρωμη κηλίδα μετατοπίζεται προς τα δεξιά.

5.116 Και στις δυο περιπτώσεις το μουρμουρητό δημιουργεί στροβοσκοπική εικόνα της οθόνης της τηλεόρασης ή του περιστρεφόμενου δίσκου πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Κάθε πηγή μεταβάλλει περιοδικά τη μορφή της. Έτσι ο δίσκος περιστρέφεται και η τηλεόραση έχει μια επαναλαμβανόμενη εικόνα εξαιτίας της οριζόντιας σάρωσης (γραμμή - γραμμή) της οθόνης της από τη δέσμη ηλεκτρονίων. Μουρμουρητό με κατάλληλη συχνότητα ταλαντώνει το κεφάλι σας, συνεπώς και τα μάτια σας, έτσι, ώστε να επαναφέρεται το επαναληπτικό είδωλο στην ίδια πάντα θέση του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Το είδωλο συνεπώς είναι δυνατό να φαίνεται ακίνητο. Εάν όμως η συχνότητα του μουρμουρητού σας αλλάξει, τότε οι ταλαντώσεις του κεφαλιού και των ματιών σας θα είναι αποσυγχρονισμένες σε σχέση με την τηλεοπτική εικόνα ή τον περιστρεφόμενο δίσκο, με αποτέλεσμα να φαίνεται ότι μετακινείται το είδωλο.

5.117 Η φαινομενική ελλειπτική κίνηση του εκκρεμούς οφείλεται στο γεγονός ότι το μάτι σας, το οποίο καλύπτεται από το σκούρο φίλτρο, καθυστερεί μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου να αντιληφθεί τη θέση του εκκρεμούς. Ο εγκέφαλός σας πληροφορείται κάθε στιγμή την αντίληψη των ματιών σας για τη θέση του εκκρεμούς, με αποτέλεσμα να δημιουργείτε την εντύπωση ότι αυτό βρίσκεται κοντύτερα ή μακρύτερα από την πραγματική του θέση. Έτσι ερμηνεύετε την ταλάντωση του εκκρεμούς σαν κίνηση στο χώρο των τριών διαστάσεων. Ας υποθέσουμε λοιπόν, για παράδειγμα, ότι έχετε καλύψει μ' ένα σκούρο γυαλί το αριστερό μάτι σας, ενώ το εκκρεμές κινείται προς τα δεξιά. Το δεξί μάτι αντιλαμβάνεται το εκκρεμές στην πραγματική του θέση, ενώ το αριστερό εκεί που ήταν λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου νωρίτερα. Γι' αυτό και σεις προεκτείνετε νοερά αυτές τις δύο θέσεις προς τα πίσω εκεί, όπου συγκλίνουν, μια και είναι λογικό να προέρχονται από ένα μόνον αντικείμενο. Η προέκταση αυτή σημαίνει ότι το εκκρεμές φαίνεται ότι βρίσκεται μακρύτερα απ' ό,τι είναι στην πραγματικότητα. Όταν το εκκρεμές κινείται προς τα αριστερά, μια ανάλογη καθυστέρηση στην αντίληψη της θέσης του από το «σκεπασμένο» μάτι δημιουργεί την αίσθηση ότι το εκκρεμές βρίσκεται πλησιέστερα σε σας απ' ό,τι συμβαίνει στην πραγματικότητα. Σας δημιουργείται επομένως η εντύπωση ότι το εκκρεμές εκτελεί ελλειπτική ταλάντωση, όπως φαίνεται και στην εικ. 5.117. Η αιτία αυτής της καθυστέρησης προσλήψεως δεν έχει κατανοηθεί ακόμη πλήρως. Ανάλογο φαινόμενο είναι αυτό, κατά το οποίο το οπτικό σύστημα παρουσιάζει διαφορετικούς χρόνους καθυστέρησης πρόσληψης, σε φώτα διαφορετικής έντασης (ο χρόνος αυτός αυξάνει, όσο χαμηλώνει ο φωτισμός).* Αυτό έχει ως συνέπεια να είναι μεγαλυτερος ο χρόνος αντίδρασης του παρατηρητή σε εργασίες που εκτελεί με αμυδρό φωτισμό.

*Σ.τ.Μ: Η ένταση του φωτός δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το κατώφλι ορατότητας.

5.118 Δε φωτίζεται συνεχώς ολόκληρη η οθόνη της τηλεόρασης αλλά σαρώνεται οριζόντια (η μια ζώνη μετά την άλλη) από τη δέσμη ηλεκτρονίων του καθοδικού σωλήνα. Η σάρωση της οθόνης μπορεί να παίξει το ρόλο του στροβοσκοπίου στο φωτισμό της επίπεδης επιφάνειας. Ανάλογα με τη σχέση της συχνότητας σάρωσης της οθόνης και της συχνότητας περιστροφής της επιφάνειας είναι δυνατό να δείτε το ζωγραφισμένο σχήμα ακίνητο ή στρεφόμενο κατά τη μια ή την άλλη φορά.

5.119 Στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή χιτώνα η πυκνότητα των ραβδίων (τα οποία χρησιμοποιούνται, όταν η ένταση του φωτισμού είναι μικρή) είναι μεγαλύτερη απ' αυτήν των κωνίων (τα οποία χρησιμοποιούνται για ισχυρότερο φωτισμό). Όταν κοιτάζετε κατευθείαν το αστέρι, το είδωλό του σχηματίζεται στην ωχρή κηλίδα, όπου δεν υπάρχουν ραβδία. Όταν στρέψετε ελαφρά το βλέμμα σας από την παραπάνω θέση, το είδωλο του αστεριού θα σχηματιστεί σε περιοχή με σημαντική πυκνότητα ραβδίων· έτσι θα διακρίνετε το αστέρι που έχει αμυδρό φως.

5.120 Τα μπλε τόξα απασχολούν ακόμη τους ερευνητές. Αν και είναι ελάχιστα κατανοητή η προέλευσή τους, προέρχονται κατά πάσα πιθανότητα από τη διέγερση των νευρώνων από άλλες ενεργές νευρικές ίνες, οι οποίες δέχονται το άμεσο ερέθισμα. Ας υποθέσουμε ότι ένα φωτεινό

ερέθισμα διεγείρει ένα περιορισμένο σύνολο φωτοϋποδοχέων, που συνδέονται μ' ένα σύνολο γαγγλίων. Τα γάγγλια αυτά μπορούν να διεγείρουν διπλανούς νευρώνες, οι οποίοι μεταφέρουν ακολούθως το ερέθισμα σε άλλους φωτοϋποδοχείς, με τους οποίους συνδέονται. Το αποτέλεσμα θα είναι η δημιουργία ενός φαινομένου φωτεινού τόξου (ενός τόξου δηλαδή που δίνει την εντύπωση ότι ως σύνολο προέρχεται από άμεσο φωτεινό ερέθισμα), το οποίο απλώνεται ακτινικά και περιβάλλει την ωχρά κηλίδα και του οποίου το ένα άκρο συμπίπτει με το σημείο που δέχτηκε άμεσα το φωτοερέθισμα. Δε γνωρίζουμε ακόμη γιατί είναι μπλε αυτό το τόξο.

5.121 Όλα τα φώτα ανάβουν σχεδόν συγχρόνως (η χρονική καθυστέρηση στο άναμμά τους είναι υπερβολικά μικρή βλ. ερ. 6.6). Τα φώτα μιας διασταύρωσης δίνουν την εντύπωση ότι ανάβουν γρηγορότερα από τα φώτα της επόμενης διασταύρωσης, διότι προσφέρουν συνολικά στον παρατηρητή περισσότερη φωτεινή ενέργεια. Αποτέλεσμα αυτού είναι να παρουσιάζει το οπτικό σύστημα μικρότερη καθυστέρηση πρόσληψης σ' αυτά (βλ. ερ. 5.117).

5.122 Προφανώς δεν έχει γίνει καθόλου κατανοητός ο μηχανισμός παραγωγής της φωτοφάνειας και δεν έχει δημοσιευτεί καμιά σχεδόν εργασία που να αναφέρεται σ' αυτόν. Δεν έχει εντοπιστεί ακόμη ούτε καν η πηγή των φωτοφανειών, αν και απέδειξαν κάποιες έρευνες ότι είναι δυνατό να δημιουργήσουν απεικονίσεις φωτοφανειών άμεσα ηλεκτρικά ερεθίσματα του ινιακού λοβού (στο πίσω μέρος του εγκεφάλου)*

*Σ.τ.Μ: Ένας από τους τέσσερεις λοβούς του εγκεφάλου, στον οποίο βρίσκεται το κέντρο της όρασης.

5.123 και 5.125 Το πολύπλοκο δίκτυο των αιμοφόρων αγγείων, που βρίσκεται πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, παράγει ευκρινείς σκιές πάνω σ' αυτόν, τις οποίες όμως βλέπουμε σπάνια, γιατί ο εγκέφαλος αγνοεί το κάθε μόνιμο είδωλο που παράγεται μέσα στο μάτι (χωρίς κανένα εξωτερικό ερέθισμα)*. Η θέση αυτών των αγγείων είναι σταθερή σε σχέση με τον αμφιβληστροειδή· έτσι συμβαίνει το ίδιο και με τις σκιές τους. Δε βλέπουμε επομένως τις σκιές αυτές εκτός από δυο περιπτώσεις: α) Όταν ανοίγουμε τα μάτια μας για πρώτη φορά το πρωί, η ξαφνική προβολή αυτών των σκιών αποτελεί μια «αλλαγή» για το οπτικό μας σύστημα, με αποτέλεσμα να γίνονται ορατές για λίγο χρόνο, μέχρις ότου ο εγκέφαλος εξαλείψει την πληροφορία του μόνιμου ειδώλου. β) Τα κύτταρα του αίματος, που μεταφέρονται από τα τριχοειδή αγγεία του αμφιβληστροειδή χιτώνα, δημιουργούν σκιές, τις οποίες βλέπουμε, επειδή αναπηδούν τα κύτταρα του αίματος μέσα στα τριχοειδή αγγεία.

Αυτές οι σκιές των κυττάρων αποτελούν τις κηλίδες που χορεύουν μέσα στο οπτικό σας πεδίο, όταν κοιτάζετε επίμονα μια ομοιόμορφα φωτισμένη επιφάνεια.

* Σ.τ.Μ: Τα είδωλα αυτά ονομάζονται παρασιτικός θόρυβος.

5.124 Δεν έχουμε κατανοήσει ακόμη τον τρόπο, με τον οποίο παράγονται αυτά τα γεωμετρικά σχήματα· οι έρευνες πάντως συνεχίζονται. Μπορεί να σχηματίζονται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα ή στο νευρικό κύκλωμα. Είναι δυνατό να σχηματίζονται από την αλληλεπίδραση των πληροφοριών που προέρχονται από τα δύο μάτια. Ένας κάποιος τύπος σχημάτων με περίπου γεωμετρική μορφή, που δεν έχουν όμως ακρίβεια και πολυπλοκότητα, φαίνεται ότι συνδέεται με την μονοφθάλμια όραση. Πιο πολύπλοκες γεωμετρικές μορφές φαίνεται ότι συνδέονται με τη διοφθάλμια όραση.

5.126 Η όραση με έντονο φωτισμό, εξασφαλίζεται από τα κωνία, ενώ αυτή με ασθενή φωτισμό οφείλεται στα ραβδία. Και οι δύο φωτοϋποδοχείς δεν παρουσιάζουν την ίδια ευαισθησία στα διάφορα μήκη κύματος του φωτός. Τα κωνία παρουσιάζουν μέγιστη ευαισθησία στο κίτρινο (σε μήκος κύματος 0,56μm), ενώ τα μπλε παρουσιάζονται πολύ λιγότερο ευαίσθητα. Τα ραβδία εμφανίζουν μέγιστη ευαισθησία στο πράσινο (σε μήκος κύματος 0,50μm), ενώ στο ερυθρό εμφανίζονται πολύ λιγότερο ευαίσθητα. Έτσι, αν παρατηρείτε μια κόκκινη και μια μπλε επιφάνεια με αμυδρό φωτισμό — ενώ προηγούμενα τις παρατηρούσατε με έντονο — διαπιστώνετε ότι η φωτεινότητά τους έχει αλλάξει ριζικά, διότι η όρασή σας τώρα γίνεται κατά κύριο λόγο με κωνία, σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση που γινόταν κυρίως με ραβδία.

5.127 Οι σκοτεινές και φωτεινές ζώνες που ονομάζονται ζώ-

νες του Mach, αποτελούν οφθαλμαπάτη. Στη σύγχρονη θεωρία για το σχηματισμό αυτών των ζωνών αναφέρεται ένα ανασταλτικό φαινόμενο στο νευρικό δίκτυο των φωτοϋποδοχέων, που έχουν ερεθιστεί από προσπίπτον φως κοντά στην άκρη μιας σκιάς. Περιληπτικά, ας αναφέρουμε ότι το σήμα ενός διεγερμένου φωτοϋποδοχέα περιορίζει το σήμα των γειτονικών του φωτοϋποδοχέων, που κι αυτοί έχουν διεγερθεί. Φανταστείτε λοιπόν το άκρο μιας σκιάς, σχηματισμένο πάνω στον αμφιβληστροειδή σας χιτώνα. Στη μια του πλευρά, ας πούμε την αριστερή, ο αμφιβληστροειδής δέχεται ένα ομοιόμορφο και έντονο φωτισμό. Στην άλλη του πλευρά, τη δεξιά, ο φωτισμός είναι ομοιόμορφος αλλά αμυδρός. Στη στενή ενδιάμεση περιοχή ο φωτισμός μειώνεται σταδιακά (από έντονος γίνεται αμυδρός). Στο αριστερό μέρος της ενδιάμεσης περιοχής βλέπετε τη φωτεινή, ενώ στο δεξιό τη σκοτεινή ζώνη του Mach. Κι αυτό γιατί στην περιοχή με τον ομοιόμορφο και έντονο φωτισμό η δράση όλων των φωτοϋποδοχέων περιορίζεται από τους γειτονικούς τους. Έτσι η στάθμη του σήματος αυτής της περιοχής είναι χαμηλότερη απ' ό,τι αν δεν υπήρχε η παραπάνω ανασταλτική δράση. Ένας όμως φωτοϋποδοχέας στο αριστερό μέρος της ενδιάμεσης περιοχής περιορίζεται λιγότερο, επειδή φωτίζεται λιγότερο η μια πλευρά της ενδιάμεσης περιοχής. Σ' αυτή λοιπόν τη θέση βλέπετε μια φωτεινή ζώνη. Ένας φωτοϋποδοχέας στο δεξιό μέρος της ενδιάμεσης περιοχής περιορίζεται περισσότερο από ό,τι οι φωτοϋποδοχείς της περιοχής που φωτίζεται αμυδρά λόγω του φωτισμού της ενδιάμεσης περιοχής. Εκεί επομένως βλέπετε μια σκοτεινή ζώνη.

5.128 Το φαινόμενο Land δεν έχει γίνει κατανοητό σε όλες του τις λεπτομέρειες. Υποθέτουμε, σύμφωνα με το ισχύον πρότυπο, ότι υπάρχουν τρεις τύποι κωνίων στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Ο καθένας απ' αυτούς είναι ευαίσθητος σε διαφορετική κυρίως περιοχή του ορατού φάσματος. Υπάρχουν με άλλα λόγια κωνία ευαίσθητα στα μικρά, τα μεσαία και τα μεγάλα μήκη κύματος. Όταν παρατηρείτε μια έγχρωμη παράσταση, κάθε τύπος κωνίου μετρά την ανακλαστικότητα της επιφάνειας σ' αυτές τις τρεις περιοχές μήκους κύματος και, αφού τις συγκρίνει, δημιουργεί την αίσθηση του χρώματος. Η αναπαραγωγή των χρωμάτων από τις ασπρόμαυρες διαφάνειες, όπως περιγράφεται στην ερώτηση, συμβαίνει επειδή φαίνεται ότι η πληροφορία για την ανακλαστικότητα δυο διαφορετικών μηκών κύματος είναι αρκετή, για να εκκινήσει την χρωματική απόκριση. Φαίνεται λοιπόν ότι μπορεί να είναι σχεδόν ανεξάρτητο το χρώμα που βλέπετε, από το χρώμα του φωτός που δέχεστε.

5.129 Τα χρωματισμένα άκρα της φωτεινής πηγής οφείλονται στο χρωματικό σφάλμα του ματιού. Με τη διάταξη της εικόνας 5.129 το δάχτυλο κλείνει το δεξιό μέρος του οπτικού πεδίου του ματιού· έτσι οι φωτεινές ακτίνες εισέρχονται στο μάτι μόνο από το αριστερό του μέρος.

Οι «ερυθρές» όμως ακτίνες διαθλώνται λιγότερο από τις «μπλε» κατά τη διείσδυσή τους σ' αυτό. Αν και είναι πολύ μικρή, αυτή η διαφορά διάθλασης επιτρέπει στον παρατηρητή να διακρίνει τα είδωλα του άκρου του παράθυρου, που σχηματίζονται από διαφορετικά χρώματα. Φανταστείτε τη φωτεινή ακτινοβολία της δεξιάς πλευράς του παράθυρου, που εισδύει στο αριστερό μέρος του ματιού. Η μικρή διαφορά της διάθλασης των ερυθρών και μπλε ακτίνων έχει ως αποτέλεσμα τη μικρή μετατόπιση προς τα αριστερά του ερυθρού ειδώλου της άκρης του παράθυρου πάνω στον αμφιβληστροειδή σε σχέση με το μπλε είδωλο. Το μπλε είδωλο «πνίγεται» στο λευκό φως, που έρχεται από το παράθυρο. Τότε βλέπετε το άκρο του παράθυρου κοκκινωπό. Παρόμοιος διαχωρισμός των χρωμάτων δημιουργείται στο αριστερό άκρο του παράθυρου· αυτή τη φορά όμως το ερυθρό είδωλο «πνίγεται» στο λευκό φως· έτσι ο παρατηρητής βλέπει το άκρο του γαλαζωπό.

5.130 Πριν γίνουν οι τελευταίες εργασίες, πιστεύαμε ότι τα χρώματα οφείλονταν στη διαφορά του χρόνου εκκίνησης των χρωματικών αποκρίσεων στο οπτικό κύκλωμα, έπειτα βέβαια από την παραμονή του παρατηρητή στο σκοτάδι. Ειδικότερα, το συμπέρασμα αυτών των θεωριών ήταν ότι το ερυθρό εκκινεί λίγο γρηγορότερα από το μπλε· γι' αυτό το πλησιέστερο σε μας λευκό τμήμα του δίσκου φαινόταν ερυθρό. Οι τελευταίες όμως έρευνες απόδειξαν ότι δεν υπάρχει καμιά διαφορά στο χρόνο εκκίνησης των διαφόρων χρωματικών αποκρίσεων. Μια από τις σύγχρονες θεωρίες υποστηρίζει ότι οι περιοχές του δίσκου — που εκπέμπουν φως μεταβαλλόμενης έντασης — είτε μιμούνται είτε δημιουργούν

τις αντιδράσεις ενός διεγερμένου φωτοϋποδοχέα, οι οποίες μοιάζουν με το χρωματικό κώδικα του εγκεφάλου. Με άλλα λόγια, οι περιοχές του δίσκου που εκπέμπουν διαφορετικής έντασης φως, στέλνουν στον εγκέφαλο ένα κωδικοποιημένο σήμα — όπως αυτά του Μορς — υπαγορεύοντάς του να «δει» τα συγκεκριμένα χρώματα του συγκεκριμένου σήματος. Όπως είδαμε και στην ερώτηση 5.128, το ερυθρό χρώμα δε σημαίνει αναγκαστικά ότι παρατηρούμε φως με μήκος κύματος περίπου 0,6μ. Το μυστήριο της αντίληψης των χρωμάτων ίσως αργήσει πολύ ακόμη να διαλευκανθεί.

5.131 Ενώ σβήνουν τα μπλε και τα πράσινα που εκπέμπει η λυχνία φθορισμού κατά τη διάρκεια μέρους ενός από τους 100 κύκλους εκκενώσεως της λυχνίας ανά δευτερόλεπτο, δε συμβαίνει το ίδιο για τα κίτρινα και τα κόκκινα. Έτσι αλλάζουν με το χρόνο τα χρώματα που ανακλούν προς τον παρατηρητή ο περιστρεφόμενος δίσκος και το περιστρεφόμενο κέρμα. Η διαφορά στη διάρκεια των χρωμάτων οφείλεται στους τρεις τύπους εκπομπής της λυχνίας. Τα μπλε και πράσινα προέρχονται πρωτίστως από τις γραμμές εκπομπής του υδράργυρου (οι οποίες έχουν πολύ μικρό χρόνο ζωής) και από κάποιο φωσφορισμό μικρού χρόνου ζωής. Τα κίτρινα προέρχονται κυρίως από τον μακράς ζωής φθορισμό του ίδιου του φωσφόρου.

5.132 Η εικόνα που βλέπουμε, δε σχηματίζεται ολόκληρη μονομιάς αλλά παράγεται γρήγορα από τη δέσμη ηλεκτρονίων του καθοδικού σωλήνα: η δέσμη αυτή σαρώνει οριζόντια την οθόνη της τελεόρασης — τη μια γραμμή μετά την άλλη — με κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω. Η σάρωση αυτή γίνεται τόσο γρήγορα, ώστε δεν είναι δυνατό να την παρακολουθήσετε. Εάν μετακινείτε το βλέμμα σας από αριστερά προς τα δεξιά, σε κάθε οριζόντια μετακίνησή του θα μένει στον αμφιβληστροειδή σας χιτώνα ένα είδωλο για διάστημα 75msec περίπου. Με τον τρόπο αυτό το «παραμένον» είδωλο μιας συγκεκριμένης γραμμής, θα είναι λίγο δεξιότερα απ' αυτό της επόμενης γραμμής, γιατί το πρώτο σχηματίστηκε λίγο νωρίτερα από το δεύτερο. Το συνολικό «παραμένον» είδωλο της οθόνης (το είδωλο - φάντασμα) θα έχει επομένως κλίση προς τα δεξιά. Τα πολλαπλά είδωλα - φαντάσματα τα παρατηρείτε, διότι στο χρόνο που το βλέμμα σας κάνει μια πλήρη μετακίνηση, η καθοδική δέσμη έχει σαρώσει μερικές φορές ολόκληρη την οθόνη, ώστε ένα είδωλο - φάντασμα να δημιουργεί ένα επόμενο είδωλο - φάντασμα, λίγο δεξιότερα από το προηγούμενό του.

5.133 Οι περισσότερες οφθαλμαπάτες που δημιουργούν την αίσθηση της στερεοσκοπικής εικόνας, βασίζονται στην απομίμηση της φυσιολογικής διοφθάλμιας όρασης η οποία δημιουργεί το βάθος στο οπτικό μας πεδίο. Το στερεοσκόπιο (μια συσκευή, η οποία δύσκολα βρίσκεται πια στην αγορά παιχνιδιών, αν και παλιότερα μας διασκέδαζε πολύ) περιέχει δύο φωτογραφίες τραβηγμένες από γειτονικές θέσεις (που απέχουν λίγα εκατοστόμετρα) και με γωνία παρατήρησης παρόμοια με αυτή της φυσιολογικής όρασης. Όταν κοιτάζετε τις φωτογραφίες μέσα στο στερεοσκόπιο, «συγχωνεύετε» τα δύο είδωλά τους σε ένα, με αποτέλεσμα να σας δημιουργείται η αίσθηση του βάθους. Τα φιλμ τριών διαστάσεων στηρίζονται σε μια παρόμοια μετατόπιση της προοπτικής κάθε ματιού. Είναι δυνατό, για παράδειγμα, να προβληθούν δύο είδωλα, ένα κόκκινο κι ένα μπλε. Οι θεατές πρέπει να φορούν «γυαλιά» με το ένα τζάμι κόκκινο και το άλλο μπλε. Και σ' αυτήν την περίπτωση τα δύο είδωλα συγχωνεύονται σε ένα, που δημιουργεί την αίσθηση του βάθους. Είναι δυνατό επίσης αντί των διαφορετικών χρωμάτων να χρησιμοποιηθεί διαφορετικά πολωμένο φως προβολής. Το αριστερό γυαλί πολώνει διαφορετικά το φως απ' ό,τι το άλλο μισό. Οι καρτ - ποστάλ τριών διαστάσεων περιλαμβάνουν μια και μόνο φωτογραφία αλλά παράγουν διαφορετικά είδωλα για κάθε μάτι χάρη σ' ένα πλέγμα πρισμάτων ή αυλακιών που υπάρχουν στο πλαστικό φύλλο, το οποίο καλύπτει τη φωτογραφία. Χάρη στις κεκλιμένες επιφάνειες αυτού του πλαστικού καλύμματος, το αριστερό μάτι αντιλαμβάνεται διαφορετική προοπτική απ' αυτήν του δεξιού, γεγονός το οποίο δημιουργεί την εντύπωση του βάθους. Η οφθαλμαπάτη του βάθους των κόκκινων γραμμάτων που έχουν γαλάζιο φόντο οφείλεται στο χρωματικό σφάλμα του ματιού. Όταν κοιτάζετε πλάγια το αντικείμενο (οπότε οι προσπίπτουσες ακτίνες σχηματίζουν ορισμένη γωνία με τον κεντρικό άξονα του ματιού) οι «μπλε» ακτίνες διαθλώνται περισσότερο από τις «κόκκινες». Αυτή η διαφορά έχει ως συνέπεια να εστιάζεται στον αμφιβλη-

στροειδή μόνο το ένα χρώμα. Το είδωλο του άλλου χρώματος σχηματίζεται ασαφές μπροστά ή πίσω από το ευκρινές είδωλο. Φανταστείτε, για παράδειγμα, ότι κοιτάζετε δυο σημεία της κάρτας, το ένα κόκκινο και το άλλο γαλάζιο, τα οποία απέχουν ίσα από τα μάτια σας. Ας υποθέσουμε ότι το κόκκινο σημείο εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή σας χιτώνα με ευκρίνεια. Το είδωλό του τότε βρίσκεται πιο μακριά από το κέντρο του κεφαλιού σας σε σύγκριση με το ασαφές είδωλο του γαλάζιου σημείου. Η φυσιολογική διοφθάλμια όραση ερμηνεύει αυτήν την μετατόπιση των ειδώλων ως ένδειξη ότι το κόκκινο σημείο βρίσκεται πλησιέστερα σε σας (και όχι το γαλάζιο).

5.134 Η ακριβής αιτία αυτής της οφθαλμαπάτης δεν είναι ξεκάθαρη παρά τις πολυάριθμες έρευνες που έχουν γίνει πάνω σ' αυτό το θέμα. Η «μεγέθυνση» δεν έχει καμιά σχέση με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (η διάθλαση εξάλλου μειώνει το μεγέθος της σελήνης, όπως είδαμε στην ερ. 5.18). Αντίθετα, φαίνεται να εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ της σελήνης και του ορίζοντα. Έτσι, όταν η απόσταση αυτή είναι μεγάλη, οι γωνιώδεις διαστάσεις της σελήνης είναι οι φυσιολογικές (γωνιώδης διάμετρος 0,5°). Όταν η απόσταση σελήνης - ορίζοντα (ή αντικειμένων του ορίζοντα) είναι μικρή, ή σελήνη φαίνεται μεγαλύτερη.

5.135 Οι φωτεινές ακτίνες στην πραγματικότητα είναι παράλληλες. Η σύγκλισή τους σε κάποιο σημείο δεν είναι παρά οφθαλμαπάτη, όμοια μ' αυτήν, κατά την οποία νομίζουμε ότι συγκλίνουν οι μακριές και ευθύγραμμες (αλλά οπωσδήποτε παράλληλες) γραμμές του τραίνου.

5.136 Αν προεκτείνετε τον άξονα συμμετρίας της ημισελήνου με τη βοήθεια ενός μεγάλου χάρακα, θα τον δείτε να τέμνει τον ήλιο, όπως εξάλλου είναι και το σωστό. Αν όμως επιχειρήσετε τη νοητή προέκταση χωρίς τη βοήθεια του χάρακα, θα διαπιστώσετε ότι ο άξονας περνά δίπλα από τον ήλιο χωρίς να τον τέμνει.

Η οφθαλμαπάτη αυτή προκύπτει από την αντίληψη που έχουμε για το «σφαιρικό» ουράνιο θόλο.

5.137 Η φαινομενική καμπύλωση της φωτεινής δέσμης είναι οφθαλμαπάτη. Αυτή οφείλεται στην οφθαλμαπάτη της προηγούμενης ερώτησης, κατά την οποία νομίζουμε ότι ο ουράνιος θόλος είναι σφαιρικός. Με τη βοήθεια ενός μεγάλου χάρακα είναι εύκολο να διαπιστώσετε ότι η δέσμη είναι ευθύγραμμη.

5.138 Δεν υπάρχει μέχρι τώρα καμιά εξήγηση γι' αυτή την οφθαλμαπάτη. Αποτελεί μάλιστα έκπληξη για μας, αφού πιστεύαμε μέχρι τη δημοσίευσή της ότι από δυο αντικείμενα, όμοια και απέχοντα ίσα από μας, από τα οποία το ένα βρίσκεται ψηλότερα από το άλλο, βλέπουμε μακρύτερα πάντα αυτό, που είναι ψηλότερα από το άλλο.

5.139 Παροδική τύφλωση μπορεί να επέλθει από δυο αιτίες. Ο δυνατός άνεμος σηκώνει σύννεφα χιονιού από το έδαφος, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η ορατότητα σε λίγα μόνο μέτρα. Με τόσο μειωμένη ορατότητα κάθε άνθρωπος «χάνεται» μέσα στους στρόβιλους του χιονιού, αφού κάνει λίγα βήματα και δε γνωρίζει «πού πάει». Μια άλλη αιτία είναι η ελάττωση των οπτικών ερεθισμάτων από περιβάλλοντα αντικείμενα, όταν το έδαφος έχει καλυφθεί από χιόνι και ο ουρανός είναι γεμάτος άσπρα σύννεφα. Η διάχυση του φωτός είναι τόσο έντονη, ώστε δεν εμφανίζεται καμιά σκιά και το χιόνι με τα σύννεφα φαίνονται «ότι χάνονται». Αυτοί, επομένως, που κάνουν σκι έχουν την εντύπωση ότι κινούνται μέσα σ' ένα ατέλειωτο λευκό κενό.

Είναι επίσης πιθανή η μόνιμη τύφλωση μετά από πολύωρη παραμονή σε χιονισμένες εκτάσεις. Σε τέτοιες συνθήκες ο φωτισμός είναι έντονος, με αποτέλεσμα το ορατό και το υπεριώδες φως να καταστρέφουν μέρη του βολβού του ματιού.

5.140 Ας θεωρήσουμε, για παράδειγμα, ότι ένας αστροναύτης βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη γη, σε απόσταση 800km από την επιφάνειά της. Εάν χρησιμοποιεί μόνο τα μάτια του (αντί τηλεσκοπίου) για την παρατήρησή της είναι αδύνατο να διακρίνει σημεία ανθρώπινης δραστηριότητας. Η διακριτική του ικανότητα περιορίζεται από το φαινόμενο της περίθλασης του φωτός, που συμβαίνει στα κυκλικά ανοίγματα των ματιών του. (Μερικά ζώα έχουν περιορισμένη διακριτική ικανότητα λόγω της απόστασης των φωτοϋποδοχέων του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Δεν μπορούν να διακρίνουν ένα είδωλο μικρότερο από αυτή την απόσταση). Το μικρότερο αντικείμενο που μπορεί να διακρίνει το αν-

θρώπινο μάτι, πρέπει να κατέχει 0,0005 rad. στο οπτικό του πεδίο. Αυτό σημαίνει ότι ο αστροναύτης δεν μπορεί να διακρίνει αντικείμενα διαστάσεων μικρότερων του 1km πάνω στην επιφάνεια της γης· έτσι, ελάχιστες ανθρώπινες κατασκευές μπορεί να διακρίνει (τέτοιες είναι οι γεωμετρικές κατασκευές όπως οι αυτοκινητόδρομοι). Η εξέταση χιλιάδων φωτογραφιών που τραβήχτηκαν από τους μετεωρολογικούς δορυφόρους Tiros και Nimbus — που το διακριτικό τους όριο κυμαινόταν από 0,2 έως 2km — μας επέστρεψε να αναγνωρίσουμε μόνο ένα μεγάλο αυτοκινητόδρομο και ένα ορθογώνιο πλέγμα από στοίβες ξύλων Καναδών ξυλοκόπων.

5.141 Μια σημειακή πηγή φωτός μέσα σ' ένα σκοτεινό δωμάτιο φαίνεται σαν φωτεινή γραμμή, πάνω σε μια χριστουγεννιάτικη μπάλα επειδή το μάτι δέχεται ανακλώμενες από την μπάλα ακτίνες, που οι γωνίες ανάκλασής τους κυμαίνονται σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή τιμών. Η νοητή προέκταση αυτών των ακτίνων δημιουργεί την εντύπωση ότι το φως προέρχεται από μια φωτεινή γραμμή στο εσωτερικό της μπάλας. Όταν ανάψουν τα φώτα του δωματίου, το μέγεθος της κόρης μειώνεται στο μισό· έτσι η περιοχή τιμών των γωνιών ανάκλασης περιορίζεται τόσο, ώστε να «συρρικνωθεί» το είδωλο της πηγής από φωτεινή γραμμή σε φωτεινό σημείο.

5.142 Τα σχήματα του Moiré εξαρτώνται από τον τρόπο με τον οποίο τα δύο πλέγματα, υφάσματα κ.λ.π. τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο. Για παράδειγμα, από τα δόντια της κτένας και τα είδωλά τους, άλλα θα συμπίπτουν, περιοδικά, (ολικά ή μερικά) και άλλα όχι. Το σχήμα του Moiré δεν είναι παρά η εντύπωση ότι τα δόντια της κτένας έχουν μεγεθυνθεί.

6

6.1 Τα αποτελέσματα της διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το ανθρώπινο σώμα είναι τα ακόλουθα: α– Όταν η ένταση του ρεύματος είναι μικρότερη των 0,01Amp, ή αισθανόμαστε ένα τσίμπημα ή τίποτα. β– Στα 0,02Amp, νιώθουμε πόνο και δεν πρέπει να είναι παρατεταμένη η διέλευση του ρεύματος (βλ. ερ. 6.3). γ– Στα 0,03Amp παθαίνουμε αναπνευστικές ανωμαλίες. δ– Στα 0,07Amp η αναπνοή γίνεται δύσκολη. ε– Στα 0,1Amp παθαίνουμε ινιδικές συσπάσεις (μαρμαρυγή). στ– Πάνω από τα 0,2Amp σταματά η αναπνοή και παθαίνουμε βαριά εγκαύματα. Η περιοχή μεταξύ των 0,1Amp και 0,2 Amp είναι περιέργως η πιο θανατηφόρα. Επειδή προκαλούν οι εντάσεις αυτές κατάσταση ινιδικών συσπάσεων, σπασμωδικές δηλαδή ανεξέλεγκτες κινήσεις της καρδιάς, που προκαλούν γρήγορο θάνατο, διότι δημιουργείται αναστάτωση στην κυκλοφορία του αίματος. Όταν η ένταση γίνει μεγαλύτερη από 0,2 Amp, η καρδιά σταματά αλλά οι συνήθεις τεχνικές των πρώτων βοηθειών μπορούν να την κάνουν να επαναλειτουργήσει. Μοναδική μέθοδος — που μπορεί να σταματήσει τις ινιδικές συσπάσεις — αποτελεί η δημιουργία ενός άλλου ελεγχόμενου ηλεκτρικού σοκ. Η περιοχή επομένως των 0,1Amp έως 0,2Amp είναι περισσότερο θανατηφόρα, σε σύγκριση με άλλα μεγαλύτερα ρεύματα. Το ρεύμα που διέρχεται μέσα από το θύμα, καθορίζεται συνήθως από την αντίσταση της επιδερμίδας. Αυτή μπορεί να έχει τιμή από 1000ohms, όταν η επιδερμίδα είναι υγρή, έως 500.000ohms, όταν είναι ξερή. Η επαφή με τάση μεγαλύτερη από 240volts προκαλεί «διάτρηση» της επιδερμίδας. Πολύ συχνά κάποιος άνθρωπος πιάνει έναν αγωγό ηλεκτρικού ρεύματος, που έχει τόση ένταση ώστε να προκαλεί σύσπαση των μυών και αγκίστρωση του χεριού πάνω στο ηλεκτροφόρο σύρμα. Και αν ακόμη δεν είναι θανατηφόρα η αρχική ένταση, επειδή μειώνεται η αντίσταση της επιδερμίδας, όσο περνά η ώρα, η ένταση τελικά θα αποκτήσει τη θανατηφόρα τιμή των 0,1Amp. Εάν βρείτε κάποιο συνάνθρωπό σας «κολλημένο» πάνω σ' ένα ηλεκτρικό σύρμα, εφόσον ζει ακόμη, πρέπει να τον τραβήξετε όσο πιο γρήγορα μπορείτε, χωρίς φυσικά να κινδυνεύσετε. Αν δεν ενεργήσετε αστραπιαία, θα πεθάνει οπωσδήποτε.

6.2 Δημιουργείται διαφορά δυναμικού στο σημείο που εφάπτονται τα δύο μέταλλα, διότι υπάρχει διαφορά στο ενεργειακό επίπεδο των ελεύθερων ηλεκτρονίων των μετάλλων αυτών. Όταν το πόδι του βατράχου ακουμπά το στήριγμα, κλείνει το κύκλωμα με αποτέλεσμα να κινούνται οργανωμένα τα ηλεκτρόνια μέσα του. Το ρεύμα όμως διεγείροντας τους μυς του ποδιού, το αναγκάζει να συσπασθεί.

6.3 Το σύρμα δε συγκρατεί το

χέρι λόγω ηλεκτρικών δυνάμεων. Το ρεύμα αντίθετα, που διαπερνά τους μυς, προκαλεί τη σύσπασή τους συσφίγκοντας έτσι το χέρι γύρω από το σύρμα. Οι ηλεκτρολόγοι, όταν χρησιμοποιούν ηλεκτροφόρα σύρματα, τα μετακινούν, όποτε χρειαστεί, με τα δάχτυλα και με τον καρπό (όχι με την παλάμη). Έτσι, αν προκαλέσει η επαφή διαρροή ρεύματος στο χέρι, η σύσπαση των μυών θα το απομακρύνει από το σύρμα.

6.4 Όταν ενεργοποιείται από ένα νευρικό σήμα το βιολογικό κύτταρο, που ονομάζεται ηλεκτροκύτταρο, επιτρέπει την ξαφνική ροή ιόντων-δηλαδή ηλεκτρικού ρεύματος-μέσα από τη μεμβράνη του. Το ηλεκτροφόρο χέλι διαθέτει μια σειρά τέτοιων κυττάρων από το κεφάλι μέχρι την ουρά του. Έτσι η συνολική τάση κατά τη διάρκεια της ροής ιόντων (η τάση μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού του κυττάρου είναι 0,15V περίπου) από τη μιαν άκρη της σειράς μέχρι την άλλη αποκτά σημαντική τιμή. Υπάρχουν βέβαια πολλές τέτοιες σειρές με παράλληλη σύνδεση, ώστε να αναπτύσσει το χέλι στο νερό-από το κεφάλι μέχρι την ουρά του-σημαντική ποσότητα ρεύματος και να ζαλίζει ή να σκοτώνει με τον τρόπο αυτό τη λεία του ή τους εχθρούς του. Η Torpedo nobiliana γιά παράδειγμα (ένα γιγάντιο σελάχι του αλμυρού νερού) έχει περίπου 1.000 ηλεκτροκύτταρα στη σειρά και 2.000 περίπου σειρές συνδεδεμένες παράλληλα. Εάν ήταν συνδεδεμένα στη σειρά όλα τα ηλεκτροκύτταρα, θα έπρεπε το ψάρι να είναι πιο μακρύ· το ρεύμα ακόμη που θα δημιουργούσαν μέσα τους, θα κατέστρεφε αυτά τα ίδια. Με τον παράλληλο συνδυασμό το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα σε κάθε κύτταρο, παραμένει μικρό και δε μειώνεται το εξωτερικό ρεύμα (στο νερό). Τα ηλεκτροφόρα ψάρια του γλυκού νερού έχουν μεγαλύτερο αριθμό ηλεκτροκυττάρων στη σειρά, επειδή πρέπει να αναπτύσσουν μεγαλύτερη τάση από το κεφάλι μέχρι την ουρά τους για την ίδια ένταση ρεύματος, επειδή η αντίσταση του γλυκού νερού είναι μεγαλύτερη απ'αυτήν του αλμυρού.

6.5 Τα μικροκύματα απορροφώνται από το κρέας, (από το νερό του κρέατος ως επί το πλείστον σε βάθος μερικών εκατοστών από την επιφάνειά του). Ο βαθμός απορρόφησής του σε συνάρτηση με το βάθος εξαρτάται από τη συχνότητά τους· όσο δηλαδή χαμηλότερη είναι η συχνότητα, τόσο μεγαλύτερο είναι το βάθος που φτάνουν. Οι περισσότεροι φούρνοι μικροκυμάτων λειτουργούν στη συχνότητα των 2.450MHz, που επιτρέπει στα μικροκύματα να διεισδύουν και να θερμαίνουν αρχικά τα δύο πρώτα εκατοστά του κρέατος.Ο φούρνος αυτός σχεδιάζεται έτσι, ώστε να «κατακλύζει» το κρέας με ακτινοβολία απ' όλες τις κατευθύνσεις. Εάν το κομμάτι του κρέατος δεν είναι πολύ χοντρό, η ποσότητα της ακτινοβολίας, που φτάνει από παντού στο κέντρο του, μπορεί να είναι μεγαλύτερη απ' αυτήν που απορροφά το πρώτο εκατοστό οποιουδήποτε μέρους της επιφάνειας του κομματιού. Το κέντρο συνεπώς, επειδή απορροφά περισσότερη ακτινοβολία απ' ό,τι τα εξωτερικά μέρη, θα ψηθεί γρηγορότερα. Το αποτέλεσμα όμως μπορεί να είναι αντίθετο, αν το κομμάτι είναι πολύ χοντρό ή αν ο φούρνος δεν το ακτινοβολεί από όλες τις μεριές ή αν η συχνότητα λειτουργίας του είναι υψηλή, οπότε το βάθος διείσδυσης θα είναι μικρό σε σχέση με το μέγεθος του κομματιού.

6.6 Τα ηλεκτρόνια κινούνται μέσα στο κύκλωμα με μικρή σχετικά ταχύτητα (10^{-4} m/sec), αλλά το σήμα, δηλαδή η μεταβολή του ηλεκτρικού πεδίου κατά μήκος του αγωγού, διαδίδεται με ταχύτητα, που πλησιάζει την ταχύτητα του φωτός. Δε χρειάζεται συνεπώς για να έχουμε φως, να φτάσουν στη λάμπα τα ηλεκτρόνια που υπάρχουν στο διακόπτη αλλά το σήμα. Αυτό φτάνει στο σπείραμα του γλόμπου σε χρόνο ενός nanosecond (10^{-9} sec), δηλαδή σε απειροελάχιστο χρόνο. Το σπείραμα όμως πρέπει αρχικά να θερμανθεί από το ρεύμα που το διαρρέει, και έπειτα να εκπέμψει φως. Για να εκπέμψει μάλιστα ορατή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του πρέπει να φτάσει σε πολλές χιλιάδες βαθμούς Kelvin και, για να γίνει αυτό, χρειάζεται να περάσουν 0,01 έως 0,1 seconds μετά το κλείσιμο του διακόπτη.

6.7 Όταν τρίβονται δύο υλικά (παπούτσια με το χαλί, η γούνα της γάτας με το γυαλί) τα ηλεκτρόνια από το ένα μεταπηδούν-μέσω των φραγμάτων δυναμικού-στο άλλο. Όταν για παράδειγμα τριφτεί το γυαλί με τη γούνα της γάτας, τα ηλεκτρόνια από την επιφάνεια του πρώτου περνούν στην επιφάνεια της άλλης. Επειδή δεν είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και τα δύο υλικά, η μεταπήδηση γίνεται μόνο όταν βρίσκονται σε επαφή. Το τρίψιμο συνεπώς του ενός με το άλλο αποτελεί τον πλέον πρόσφορο

τρόπο, για να φέρουμε σε επαφή το μεγαλύτερο τμήμα των δύο επιφανειών και να επιτύχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή μεταπήδηση ηλεκτρονίων. Εκείνο που παραχωρεί ηλεκτρόνια, φορτίζεται θετικά, ενώ το άλλο αρνητικά. Εάν ο αέρας είναι υγρός, τα φορτισμένα σώματα εκφορτίζονται από τις αιωρούμενες σταγόνες του νερού. Τα σωματίδια του καπνού μπορούν επίσης να εκφορτίσουν σώματα. Χωρίς αυτές τις εκφορτίσεις, η απλή επαφή των διαφόρων υλικών μπορεί να δημιουργήσει αρκετά υψηλά δυναμικά. Η ολίσθηση, για παράδειγμα, πάνω στο κάθισμα του αυτοκινήτου σας, σας προσδίδει δυναμικό 15.000 Volts υψηλότερο απ' αυτό του εδάφους.

6.8 Η διάταξη αυτή πρέπει να ρυθμιστεί έτσι, ώστε το νερό που ρέει από τα ακροφύσια, να «σπάζει» σε σταγόνες, τη στιγμή που εισέρχεται στα κουτιά. Αρχικά, όταν το νερό αρχίζει να ρέει, το ένα κουτί είναι φορτισμένο αρνητικά λίγο περισσότερο από το άλλο. Η τύχη, και μόνο αυτή, καθορίζει ποιο από τα δύο κουτιά θα είναι φορτισμένο περισσότερο αρνητικά, διότι η αρχική φόρτιση οφείλεται στην κοσμική ακτινοβολία και στη φυσική ραδιενέργεια της γης. Ας υποθέσουμε ότι το κάτω αριστερό κουτί της εικ.6.8 είναι πιο αρνητικό. Το πάνω δεξιά θα είναι επίσης το πιο αρνητικό εξαιτίας της αγώγιμης σύνδεσής τους. Εάν οι σταγόνες της δεξιάς ροής σχηματίζονται, τη στιγμή που το νερό μπαίνει στο κουτί, θα φορτιστούν θετικά, ενώ το αρνητικό τους φορτίο θα απωθηθεί από το αρνητικά φορτισμένο κουτί στο ρεύμα του νερού. Έτσι, όταν πέφτουν στο κάτω δεξιό κουτί, το κάνουν θετικότερο από πριν. Αν και είναι ασήμαντη η αρχική διαφορά δυναμικού, μπορούμε να κατασκευάσουμε σταγονόμετρα του Kelvin, που να αναπτύσσουν διαφορά δυναμικού της τάξεως των 15.000 Volts.

6.9 Ο Rayleigh εξήγησε για πρώτη φορά το διαχωρισμό μιας στήλης εκρέοντος υγρού σε σταγόνες, αφού απέδειξε ότι οι διαταραχές που αναπτύσσονται μέσα στην υγρή στήλη, παράγουν κύματα γύρω από τον άξονά της, τα οποία αυξάνουν εκθετικά το πλάτος τους, έως ότου διασπάσουν τη στήλη. Στη συνέχεια λόγω επιφανειακής τάσης θα σχηματιστούν σταγόνες. Η διασπορά αυτή είναι δυνατό να αποφευχθεί ή να καθυστερήσει, αν πλησιάσουμε ένα φορτισμένο στέλεχος, διότι έτσι διαχωρίζονται «εξ επαγωγής» τα φορτία της υγρής στήλης. Εάν, για παράδειγμα, το στέλεχος είναι φορτισμένο θετικά, η στήλη θα έχει αρνητικό φορτίο από τη μεριά του στελέχους και θετικό φορτίο από την αντίθετη. Αυτό συμβαίνει, διότι το ηλεκτρικό πεδίο του φορτισμένου στελέχους υποχρεώνει τα ηλεκτρόνια της υγρής στήλης να μετακινηθούν μέσα στη στήλη ώστε να πλησιάσουν το στέλεχος. Ένας τέτοιος διαχωρισμός φορτίου καθιστά λιγότερο πιθανή τη διάσπαση σε σταγόνες. Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι συμβαίνει κάτι τέτοιο και ότι από δύο σταγόνες, που μόλις σχηματίστηκαν, η μια είναι περισσότερο κοντά στο στέλεχος απ' ό,τι η άλλη. Στην περίπτωση αυτή οι γειτονικές πλευρές τους θα έχουν αντίθετη φόρτιση λόγω του διαχωρισμού των φορτίων τους «εξ επαγωγής». Θα έλκονται κατά συνέπεια μεταξύ τους, οπότε και θα συγχωνευθούν σε μια. Εάν το στέλεχος είναι πολύ φορτισμένο, έλκει την πλησιέστερη πλευρά της υγρής στήλης τόσο πολύ, ώστε την αναγκάζει να παρεκκλίνει από τη φυσιολογική κατακόρυφη τροχιά της.

6.10 Η ηλεκτρική φόρτιση των μεταλλικών φρακτών των αεροπλάνων και όλων των άλλων μεταλλικών αντικειμένων, η οποία οφείλεται στη χιονοθύελλα, είναι συνέπεια της μεταπήδησης των ηλεκτρονίων (όπως στην ερώτηση 6.7). Τα μεταλλικά αντικείμενα δέχονται ηλεκτρόνια από τα σωματίδια του χιονιού και έτσι φορτίζονται αρνητικά.

6.11 Η αποκόλληση της ταινίας προκαλεί διαχωρισμό φορτίων, επειδή το στρώμα της κόλλας παίρνει διαφορετικό αριθμό φορτίων απ'ό,τι η επιφάνεια, με την οποία βρισκόταν σε επαφή πριν την αποκόλληση. Η λάμψη οφείλεται στην ηλεκτρική εκκένωση που δημιουργείται μεταξύ των δύο επιφανειών της ταινίας, τη στιγμή που ξεκολλάνε.

6.12 Η ζάχαρη κατά τη διαδικασία του κοσκινίσματός της φορτίζεται με τον ίδιο τρόπο που γνωρίσαμε στις ερωτήσεις 6.7 και 6.10. Οι κόκκοι της, που πέφτουν, επειδή έχουν το ίδιο φορτίο, απωθούνται· έτσι ένα μέρος τους αποκλίνει προς τα έξω.

6.13 Τα λάστιχα του αυτοκινήτου φορτίζονται αρνητικά από την επαφή τους με το οδόστρωμα. Έτσι καθώς είναι ομοιόμορφα φορτισμένα εξαιτίας της περιστροφής τους, απωθούν τα ηλεκτρόνια της μεταλλικής καρό-

τσας και του πλαισίου, με αποτέλεσμα να είναι φορτισμένα θετικά τα μεταλλικά τμήματα που γειτονεύουν με τα λάστιχα. Είναι πιθανό να παραχθεί σπινθήρας μεταξύ ενός τμήματος του αυτοκινήτου και της γης ή ενός άλλου τμήματος με αντίθετο φορτίο. Οι σπινθήρες δεν αποτελούν μεγάλο πρόβλημα εκτός από την περίπτωση των βυτίων μεταφοράς βενζίνης, όπου υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης των ατμών της. Παλιότερα τα βυτία σέρνανε μια αλυσίδα πάνω στο οδόστρωμα και πιστεύαμε ότι εκφορτιζόντουσαν μ'αυτήν. Πράγματι υπήρχε κάποια ροή ηλεκτρονίων από το σώμα του βυτίου προς το έδαφος αλλά δεν εξασφάλιζε την πλήρη εκφόρτιση του βυτίου (και συνεπώς την απαλλαγή από έκρηξη), αφού ήταν πιθανό να δημιουργήσουν σπινθήρα τα θετικά φορτία του.

6.14 Δεν έχουμε κατανοήσει ακόμη τον ακριβή μηχανισμό, με τον οποίο διαχωρίζονται τα φορτία, όταν διασκορπιστεί σε σταγόνες μια ποσότητα νερού. Ο Lenard πάντως έχει αποδείξει από το 19^{ο} αιώνα ότι οι μεγαλύτερες σταγόνες φορτίζονται θετικά, ενώ οι μικρότερες αρνητικά. Επειδή όμως οι μεγάλες σταγόνες κατακάθονται γρηγορότερα από τις μικρές, στον αέρα απομένουν οι αρνητικά φορτισμένες σταγόνες· έτσι το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται, είναι σημαντικό.

6.15 Δεν έχει αποδειχθεί μέχρι τώρα κάποια επίδραση των ηλεκτρικών φορτίων στην ανθρώπινη συμπεριφορά ούτε έχει εξηγηθεί βέβαια.

6.16 Η βασική δύναμη, που σας εμποδίζει να «πέσετε» μέσα από τα παπούτσια σας, το πάτωμα και το έδαφος, είναι η ηλεκτρική άπωση ανάμεσα στα άτομα των εφαπτομένων επιφανειών.

6.17 Η συνοχή της σκόνης οφείλεται σε τέσσερεις τύπους δυνάμεων. Εάν οι κόκκοι της έχουν διαστάσεις μικρότερες των 50μm,* οι δυνάμεις Van der Waals (δηλαδή οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων) είναι μεγάλες. Οι ηλεκτροστατικές έλξεις μεταξύ αντιθέτων φορτίων που φέρουν οι κόκκοι, μπορεί να επιδρούν επίσης στη συνοχή της σκόνης. Εάν η σκόνη είναι υγρή, το νερό εξασφαλίζει τη συνοχή λόγω επιφανειακής τάσης. (Αν η ποσότητα του νερού είναι μεγάλη, μεταβάλλει φυσικά τη σκόνη σε λάσπη). Τέλος, αν οι κόκκοι έχουν ακανόνιστα σχήματα, η διείσδυση του ενός κόκκου στον άλλο συντελεί στη συνοχή τους. Οι έρευνες όμως για τη συνοχή, που παρουσιάζει η σκόνη (ή οι πούδρες), και για το σχηματισμό σβόλων συνεχίζονται, με στόχο να εξηγηθούν με τις δυνάμεις που εμφανίζονται στο μικρόκοσμο.

*Σ.τ.Μ: 50μm=$50 \cdot 10^{-6}$m, δηλ. 50 εκατομμυριοστά του μέτρου.

6.18 Οι πλαστικές μεμβράνες συσκευασίας κολλούν μεταξύ τους ή με τα χείλη των περισσότερων σκευών λόγω ηλεκτροστατικής έλξης. Για παράδειγμα, εάν έχει περίσσεια ηλεκτρονίων το πλαστικό, που εφάπτεται στα μεταλλικά χείλη της κατσαρόλας, θα απωθεί τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του μετάλλου. Η περιοχή συνεπώς του μετάλλου, που είναι κοντά στην πλαστική μεμβράνη, θα είναι φορτισμένη θετικά και έτσι θα έλκει την αρνητικά φορτισμένη μεμβράνη. Επειδή λοιπόν το πλαστικό είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού, δε διοχετεύει το φορτίο του μέσα στο μέταλλο, με αποτέλεσμα να συντηρείται η ηλεκτροστατική έλξη, που εμφανίζει τη μεμβράνη «κολλημένη» στα χείλη της κατσαρόλας. Ένα μέρος του φορτίου της μεμβράνης παράγεται κατά τη διάρκεια της συσκευασίας της. Το μεγαλύτερο όμως μέρος του φορτίου παράγεται την ώρα που ξετυλίγεται το ρολό (όσο πιο γρήγορα το ξετυλίγετε, τόσο μεγαλύτερο φορτίο παράγεται). Όταν όμως ο αέρας ή τα χείλη της κατσαρόλας είναι υγρά, θα υπάρχει διαρροή φορτίων, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ηλεκτροστατική έλξη μεταξύ κατσαρόλας και πλαστικής μεμβράνης.

6.19 Το μελάνι του χαρτονομίσματος περιέχει μαγνητικά άλατα του σιδήρου, τα οποία έλκονται από τον πόλο του μαγνήτη.

6.20 Το υγρό, που υπάρχει μέσα στο αλφάδι, είναι διαμαγνητικό· όταν δηλαδή βρεθεί μέσα σε κάποιο μαγνητικό πεδίο, μαγνητίζεται, παράγοντας αντίθετο μαγνητικό πεδίο. Το υγρό συνεπώς απωθείται και απομακρύνεται από το μαγνήτη, υποχρεώνοντας έτσι τη φυσαλίδα να κινηθεί προς αυτόν.

6.21 Το μεταβαλλόμενο ρεύμα του πηνίου δημιουργεί μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο, στο εσωτερικό του οποίου βρίσκεται το δαχτυλίδι. Το πεδίο του πηνίου παράγει με τη σειρά του μέσα στο δαχτυλίδι ρεύμα επαγωγής τέ-

τοιας φοράς, που το μαγνητικό του πεδίο να αντιτίθεται στο μαγνητικό πεδίο που το δημιούργησε (στο πεδίο δηλαδή του πηνίου). Το μαγνητικό πεδίο λοιπόν του δαχτυλιδιού είναι υπεύθυνο που διατηρείται το δαχτυλίδι μετέωρο μέσα στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου. Αν επιτρέπατε ξαφνικά τη δίοδο ρεύματος μέσα στο πηνίο, θα αναπτυσσόταν στο δαχτυλίδι ρεύμα επαγωγής μεγαλύτερης έντασης (οπότε και το μαγνητικό του πεδίο θα ήταν ισχυρότερο) με αποτέλεσμα να τιναχτεί το δαχτυλίδι στον αέρα.

6.22 Το εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο αναπτύσσει ηλεκτρικά ρεύματα επαγωγής και στην πλάκα και στο δίσκο. Χωρίς τη χάλκινη πλάκα το τμήμα του δίσκου, που βρίσκεται πάνω από τον ηλεκτρομαγνήτη, διαρρέεται από επαγωγικά ρεύματα, η κυκλοφορία των οποίων γίνεται έτσι, ώστε το μαγνητικό πεδίο που αναπτύσσουν, να έχει ως αποτέλεσμα την άπωση του δίσκου (από το μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρομαγνήτη). Η κατάσταση αλλάζει με την παρουσία της πλάκας. Τα επαγωγικά ρεύματα που διαρρέουν αυτήν, και το τμήμα του δίσκου που δεν καλύπτει αυτήν, έλκονται αμοιβαία (το μαγνητικό πεδίο του ενός ρεύματος υποχρεώνει το άλλο να το πλησιάσει) και ο δίσκος περιστρέφεται ασταμάτητα.

6.23 Το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο του περιστρεφόμενου μαγνήτη επάγει ηλεκτρικά ρεύματα μέσα στον αλουμινένιο δίσκο. Τα ρεύματα αυτά παράγουν το δικό τους μαγνητικό πεδίο. Η αλληλεπίδραση των δύο πεδίων αναπτύσσει ροπή στο δίσκο και τον υποχρεώνει να περιστρέφεται, ακολουθώντας τη φορά του μαγνήτη.

6.24 Γιατί λοιπόν να μην κατασκευάσουμε αυτή την τόσο απλή διάταξη, για να διαπιστώσουμε εάν λειτουργεί πράγματι; Εάν το μαγνητικό πεδίο είναι αρκετά ισχυρό (τόσο, που να αναγκάσει τη σφαίρα να ανέλθει στο κεκλιμένο επίπεδο), δεν είναι αφελής η υπόθεση ότι θα αφήσει τη σφαίρα να ξανακατέβει από τη ράγα;

6.25 Το βάθος διείσδυσης στην ιονόσφαιρα των ραδιοφωνικών κυμάτων εξαρτάται από τη συχνότητα των κυμάτων. Η ιονόσφαιρα είναι «διαφανής» στις σχετικά υψηλές συχνότητες, οι οποίες χρησιμοποιούνται από τους σταθμούς της τηλεόρασης (T.V) και από τους ραδιοφωνικούς σταθμούς στις εκπομπές με διαμορφωμένη συχνότητα (FM). Αντίθετα, ανακλά τις χαμηλότερες ραδιοφωνικές συχνότητες των σταθμών, που εκπέμπουν με διαμορφωμένο πλάτος (AM). Έτσι, για να παρακολουθήσετε ένα πρόγραμμα T.V ή FM, είναι απαραίτητο να βρίσκεται ο δέκτης σας κοντά στον πομπό. Με τον τρόπο αυτό θα δεχτεί το σήμα άμεσα ή το πολύ-πολύ από ανάκλαση στο περιβάλλον (κτίρια κ.λ.π.). Στην περίπτωση των AM ο δέκτης μπορεί να είναι απομακρυσμένος, εφόσον έχει τη δυνατότητα να δεχτεί το σήμα του πομπού από ανάκλαση στην ιονόσφαιρα. Σήματα με μεγάλη συχνότητα ανακλώνται κάποτε στην ιονόσφαιρα και καταφέρνουν να φτάσουν σε απίστευτα μεγάλες αποστάσεις. Οι ανακλάσεις αυτές οφείλονται κατά πάσα πιθανότητα στον αυξημένο ιονισμό της ιονόσφαιρας κατά τη διάρκεια βροχής μετεώρων ή κατά τη διάρκεια των ονομαζόμενων σποραδικών συνθηκών E. Αυτή η αιτία ιονισμού δεν έχει γίνει ακόμα πλήρως κατανοητή αλλά συνδέεται πιθανότατα με αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο βαθμός ανάκλασης των σημάτων AM μεγαλώνει τη νύχτα, διότι η απουσία της ηλιακής ακτινοβολίας μειώνει τον ιονισμό των χαμηλών στρωμάτων της ιονόσφαιρας. Ο υψηλός βαθμός ανάκλασης επιτρέπει στα σήματα AM να ταξιδεύουν ακόμη μακρύτερα, ακολουθώντας την καμπυλότητα της επιφάνειας της γης. Για να αποφευχθεί λοιπόν ο κυκεώνας σημάτων, η Παγκόσμια Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών απαιτεί από τους περισσότερους σταθμούς να μειώνουν την ισχύ τους ή να σταματούν την εκπομπή τους κατά τη διάρκεια της νύχτας.

6.26 Το κύκλωμα του δέκτη συντονίζεται σε μια ορισμένη συχνότητα, η οποία εξαρτάται από την τιμή της χωρητικότητας του πυκνωτή και του συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου. Μετακινώντας την επαφή πάνω στο πηνίο, μεταβάλλουμε το συντελεστή αυτεπαγωγής· έτσι η συχνότητα αποκρίσεως του κυκλώματος αλλάζει. Το σήμα που δέχεται ο δέκτης είναι ημιτονοειδές. Επειδή η μέση απορροφώμενη ισχύς ενός ημιτονοειδούς σήματος είναι μηδέν, ο ακροατής δε θα άκουγε τίποτα, αν δεν τροποποιούσε τη μορφή του σήματος. Η παρεμβολή του κρυστάλλου στο κύκλωμα επιτρέπει τη δίοδο του ρεύματος κατά τη μία μόνο φορά. Το ημιτονοειδές συνεπώς σήμα ανορθώνεται, αφού «αφαιρείται» το μισό της ημιτονοειδούς καμπύλης του (το αρνητικό

για παράδειγμα). Η μέση απορροφώμενη ισχύς του ανορθωμένου ημιτονοειδούς σήματος δεν είναι μηδέν· ο ακροατής επομένως μπορεί να ακούσει το σήμα.

6.27 Το αεροπλάνο στέλνει με ανάκλαση το σήμα της τηλεόρασης στην κεραία σας, λίγο αργότερα από την άμεση λήψη του σήματος απ'αυτήν. Το σήμα που παράγεται άμεσα, παράγει κάποια εικόνα στην οθόνη, ενώ αυτό που λαμβάνεται από ανάκλαση, παράγει μια δεύτερη ασθενέστερη εικόνα - ένα είδωλο-φάντασμα - δεξιότερα από την προηγούμενη, η οποία μάλιστα αλλάζει και θέση, όσο μετακινείται το αεροπλάνο. Το είδωλο-φάντασμα βρίσκεται δεξιότερα, διότι η δέσμη ηλεκτρονίων της καθοδικής λυχνίας σαρώνει την οθόνη από τα αριστερά προς τα δεξιά.

6.28 Οι σταθμοί εκπομπής AM έχουν κατακόρυφες κεραίες. Εάν η κεραία του αυτοκινήτου «πιάνει» απευθείας το ραδιοφωνικό κύμα, το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος είναι πολωμένο παράλληλα με τη διεύθυνση της κεραίας του σταθμού εκπομπής, δηλαδή κατακόρυφα. Για να λαμβάνει το μεγαλύτερο δυνατό σήμα η κεραία του δέκτη πρέπει να είναι και αυτή κατακόρυφη.

6.29 Η παρουσία στην περιοχή των FM του ίδιου σήματος σε διάφορες θέσεις του πίνακα επιλογής οφείλεται στο ότι δεν είναι γραμμική η απόκριση του δέκτη σε ισχυρά σήματα. Το φαινόμενο αυτό λέγεται ενδοδιαμόρφωση. Ένα σήμα στην περιοχή των AM μπορεί να καλυφθεί από άλλο ισχυρότερο - που έχει όμως άλλη συχνότητα - εάν ο δέκτης βρίσκεται κοντά στον πομπό του δεύτερου σήματος. Ο δέκτης και ο πομπός λειτουργούν σε μια αρκετά στενή ζώνη συχνοτήτων. Ούτε ο ένας όμως ούτε ο άλλος λειτουργούν σε μια μόνο συχνότητα. Ένας πομπός, για παράδειγμα, εκπέμπει το κύριο μέρος της ισχύος του στα 11.000 KHz, ταυτόχρονα όμως εκπέμπει ένα μέρος της ισχύος του στα 11.500 KHz. Ένας δέκτης που βρίσκεται μακρυά, δεν ενισχύει το ασθενέστερο σήμα των 11.500 KHz και γι'αυτό δεν ακούγεται. Εάν όμως βρεθεί ο δέκτης κοντά στην κεραία του πομπού και συντονισθεί σ'έναν άλλο σταθμό, του οποίου η κύρια συχνότητα εκπομπής είναι τα 11.500 KHz, είναι πιθανό να «πιάσει» και να ενισχύσει αρκετά το ανεπιθύμητο σήμα του πρώτου σταθμού.

6.30 Χαμηλής ενέργειας ηλεκτρόνια από τον ήλιο (της τάξεως των εκατοντάδων eV) παρασύρονται στην ουρά του πλάσματος, πο βρίσκεται από την μεριά της γης, που δε βλέπει τον ήλιο. Εκεί κερδίζουν με κάποιο τρόπο ενέργεια (της τάξεως των χιλιάδων eV) και στη συνέχεια από τις δυναμικές γραμμές του γήινου μαγνητικού πεδίου κατευθύνονται προς την ατμόσφαιρα των πολικών περιοχών. Οι γραμμές αυτές εισέρχονται και εξέρχονται από τη γη προς τους μαγνητικούς πόλους, που είναι ελαφρά μετατοπισμένοι σε σχέση με τους γεωγραφικούς. Τα επιταχυνόμενα ηλεκτρόνια εισχωρούν στην ατμόσφαιρα γύρω από τους μαγνητικούς πόλους και συγκρουόμενα διεγείρουν τα μόρια του αζώτου και του οξυγόνου. Με την αποδιέγερσή τους τα άτομα του οξυγόνου, που βρίσκονται σε υψόμετρο μεταξύ των 100 και των 150 Km, εκπέμπουν πράσινο φως. Σε μεγαλύτερο ύψος τα άτομα του οξυγόνου παράγουν κόκκινο φως. Η αποδιέγερση των μορίων του αζώτου παράγει επίσης κόκκινο φως. Τα χρώματα αυτά παρατηρούνται γύρω από τους μαγνητικούς πόλους σε γωνιώδη απόσταση μέχρι 70°. Επειδή ο βόρειος γεωμαγνητικός πόλος βρίσκεται στον Καναδά, το σέλας παρατηρείται στις νότιες περιφέρειες του Καναδά και στις βόρειες των ΗΠΑ. Σε περιοχές της Σιβηρίας, ίδιου με τον Καναδά γεωγραφικού πλάτους, αντιστοιχεί πιο μικρό γεωμαγνητικό πλάτος. Γι'αυτό και παρατηρείται σπανιότερα σ'αυτές το σέλας.

6.31 Η αστραπή εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς οι οποίοι αρχικά ακούγονται άμεσα στους δέκτες σαν κροταλίσματα. Ένα μέρος όμως των παλμών αυτών διαδίδεται προς τα πάνω. Ταξιδεύοντας αυτοί συγκεντρώνονται και σχηματίζουν μέσα στην ιονόσφαιρα δέσμη, η οποία στη συνέχεια διαδίδεται κατά μήκος κάποιας δυναμικής γραμμής του γήινου μαγνητικού πεδίου. Όταν φτάσει η δέσμη στο μαγνητικό πόλο, ανακλάται από το ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο και υποχρεώνεται να επιστρέψει ακολουθώντας μια δυναμική γραμμή στην περιοχή, από την οποία ξεκίνησε. Δε διαδίδεται όμως με την ίδια ταχύτητα όλη η δέσμη. Οι με μεγαλύτερη συχνότητα συνιστώσες της διαδίδονται ταχύτερα. Όταν λοιπόν η δέσμη που επιστρέφει συλλαμβάνεται από το δέκτη, ακούμε πρώτα τις υψηλές συχνότητες και προοδευτικά τις χαμηλότερες. Έτσι, αντί να ακούσουμε την επανάληψη του αρχι-

κού κροταλίσματος, ακούγεται αυτή η ηλεκτρομαγνητική ηχώ για περισσότερο χρόνο και με ύψος, που ολοένα και μειώνεται.

6.32 Η κατανομή των φορτίων, μέσα στο σύννεφο, πριν ξεσπάσει ο κεραυνός, είναι η ακόλουθη : στη βάση του υπάρχει μικρή ποσότητα θετικών φορτίων, μεγάλη ποσότητα αρνητικών φορτίων στο μέσον του και μεγάλη ποσότητα θετικών φορτίων στην κορυφή του. Ο κεραυνός ξεκινά με την εκφόρτιση, που γίνεται μεταξύ της βάσης και του μέσου του, μεταφέροντας ηλεκτρόνια στη βάση. Η εκφόρτιση αυτή συνεχίζεται προς τα κάτω με αφετηρία τη βάση του σύννεφου με τον «προάγγελο»,* που επιχειρεί ένα άλμα μήκους 50 μέτρων, σταματά για 50 μικροδευτερόλεπτα, κάνει ένα νέο άλμα και συνεχίζει έτσι μέχρι το τέλος. Αρνητικά φορτία κάθε φορά ρέουν από το σύννεφο προς το κάτω μέρος του διαύλου, που «άνοιξε» ο «προάγγελος». Η κίνηση του «προάγγελου» είναι τόσο γρήγορη στη φάση αυτή (αλλά και στις επόμενες φάσεις της έκλαμψης), ώστε φαίνεται φωτεινός ολόκληρος ο δίαυλος, αν και στην πραγματικότητα φωτεινό είναι μόνο το κατώτερο άκρο του. Η τροχιά του «προάγγελου» σχηματίζει ζικζακ, επειδή παρεκκλίνει από τους διάφορους θύλακες θετικού φορτίου του αέρα, που συναντά. Όταν το φορτίο αυτών των θυλάκων είναι πολύ μεγάλο, ο «προάγγελος» μπορεί να κινηθεί και οριζόντια. Όταν ο «προάγγελος» πλησιάζει το έδαφος, το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται με διάφορες αιχμές του, είναι τόσο μεγάλο, ώστε παράγεται μια ηλεκτρική εκκένωση και αρχίζει μια νέα θετική εκφόρτιση («ουραγός») να ανεβαίνει προς τα πάνω, για να συναντήσει την κατερχόμενη. Στο σημείο της συνάντησης η φωτεινότητα είναι μεγάλη, καθώς εξουδετερώνεται ο αρνητικός «προάγγελος». Αυτή μάλιστα η φωτεινότητα και το ισχυρό ηλεκτρικό ρεύμα διαδίδονται μέσω του διαύλου προς τα πάνω μέχρι να φτάσουν στο σύννεφο. Ο παρατηρητής πάντως αδυνατεί να παρακολουθήσει αυτές τις τόσο γρήγορες κινήσεις με αποτέλεσμα να βλέπει έναν μόνιμα φωτεινό δίαυλο. Η κάθοδος του «προάγγελου» διαρκεί 20 χιλιοστά του δευτερολέπτου (20 m sec), ενώ η άνοδος του «ουραγού» μόνο 100 εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου (100 m sec). Το φως προέρχεται από το κέντρο του διαύλου εκφόρτισης. Η περιοχή αυτή πιθανότατα δεν έχει πλάτος μεγαλύτερο από μερικά εκατοστά του μέτρου.

*Σ.τ.Μ.: Ονομάζεται και προπομπός (leader).

6.33 Το ηλεκτρικό πεδίο της γης, που εκτείνεται μεταξύ της αρνητικά φορτισμένης επιφάνειάς της και της ανώτερης θετικά φορτισμένης ατμόσφαιρας, θα έπρεπε να πάψει να υπάρχει εξαιτίας εκφόρτισης μέσα σε πέντε λεπτά της ώρας ή και λιγότερο, επειδή τα μόρια του αέρα ιονίζονται σταθερά, από τις κοσμικές ακτινοβολίες και τη φυσική ραδιενέργεια της γης. Μερικά ηλεκτρόνια που δημιουργούνται κατά τον ιονισμό, κινούνται προς την ανώτερη ατμόσφαιρα, όπου σε ύψος 50 Km η αγωγιμότητα είναι τόσο καλή ώστε η ατμόσφαιρα μπορεί να θεωρηθεί εκεί σαν σφαιρικός αγωγός. Τα ανερχόμενα ηλεκτρόνια θα καταστήσουν προφανώς ουδέτερο αυτόν τον θετικό αγωγό. Με τον ίδιο τρόπο μερικά θετικά ιόντα, που παράγονται κατά τον ιονισμό, κατεβαίνουν προς το αρνητικό έδαφος, το οποίο και θα καταστήσουν ουδέτερο. Επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα της γης, που προέρχεται από τον ιονισμό, είναι περίπου 1.800 Ampères, το έδαφος και η ατμόσφαιρα θα έπρεπε να εκφορτιστούν σε μερικά λεπτά. Αυτό δε συμβαίνει, διότι η παγκόσμια δραστηριότητα των αστραπών ξαναφορτίζει σταθερά τη γη με ηλεκτρόνια. Μπορεί να υπάρχει διαφορά δυναμικού 200 Volt μεταξύ των σημείων που βρίσκονται στο ύψος των ποδιών σας και της μύτης σας αντίστοιχα· επειδή όμως το σώμα σας είναι σχετικά καλός αγωγός, έχει πρακτικά σταθερό δυναμικό. Δεν υπάρχει συνεπώς σημαντική διαφορά δυναμικού μεταξύ του ενός και του άλλου σημείου του σώματός σας.

6.34 Η αστραπή μεταξύ σύννεφου και αέρα καταλήγει σ'ένα θύλακα θετικού φορτίου στον αέρα. Η Ταινιωτή αστραπή δημιουργείται, όταν ο αέρας είναι τόσο ισχυρός, ώστε να μετακινεί σημαντικά τους φωτεινούς δίαυλους περισσότερων «προάγγελων» και «ουραγών» μεταξύ σύννεφων και εδάφους. Η περιδεραιοειδής αστραπή δεν έχει εξηγηθεί ικανοποιητικά. Εμφανίζεται, την ώρα που ο δίαυλος έχει σκοτεινιάσει από τη βροχή και ο παρατηρητής δε θαμπώνεται από την αναλαμπή. Τότε, καθώς η φωτεινότητά του μικραίνει, τα τμήματά του, που βρίσκονται πάνω στην οπτική γραμμή του παρατηρητή, φαίνονται ότι διαρκούν περισσότερο χρόνο, διότι η ποσότητα του φω-

τός που φτάνει στο μάτι, είναι περισσότερη, αφού ο παρατηρητής διακρίνει μόνο το κάτω μέρος τους. Εξάλλου, αυτές οι «λαμπερές χάντρες» μπορεί να έχουν άλλη προέλευση, τελείως διαφορετική και άγνωστη.

6.35 Η φύση των σφαιροειδών αστραπών είναι αντικείμενο ερεύνης προς το παρόν. Είναι πιθανό να αποδειχθούν σύντομα λανθασμένες όλες οι σημερινές εξηγήσεις. Η καλύτερη μέχρι σήμερα ερμηνεία υποστηρίζει ότι πρόκειται για μια σφαίρα πλάσματος, που τροφοδοτείται με ενέργεια από εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Μια οποιαδήποτε ηλεκτρική δραστηριότητα καταιγίδας, αστραπής ή εκφόρτισης αρχίζει τον ιονισμό του αέρα. Το ιονισμένο αέριο παραμένει συμπαγές εξαιτίας του γεγονότος ότι συνολικά είναι ηλεκτρικά ουδέτερο, αλλά επεκτείνεται τείνοντας σε κάποιο μέγεθος ισορροπίας, επειδή απορροφά ενέργεια από φυσικά ραδιοκύματα. Τέτοια κύματα είναι γνωστό ότι δημιουργούνται στα σύννεφα ή στο έδαφος κατά τη διάρκεια ισχυρών ηλεκτρικών καταιγίδων. Η παρουσία της σφαιροειδούς αστραπής υποχρεώνει τα ραδιοκύματα να σχηματίσουν στάσιμα κύματα· έτσι η αστραπή απορροφά ενέργεια από μια κοιλία ενός τέτοιου κύματος. Μας είναι βολικό να δεχόμαστε την ύπαρξη μιας τέτοιας εξωτερικής πηγής ενέργειας, διότι είναι δύσκολο να εξηγήσουμε διαφορετικά την παρατεταμένη φωτεινότητα της σφαιροειδούς αστραπής. Αν προερχόταν το φως της μόνο από εσωτερική πηγή ενέργειας και αν συγκρίνουμε τη σφαιροειδή αστραπή με μια ίσου μεγέθους πύρινη σφαίρα πυρηνικής έκρηξης (για να θέσουμε και ένα ανώτερο όριο σ'αυτή την εσωτερική ενέργεια) θα έπρεπε η αστραπή να λάμπει μόνο για 0,01 του δευτερολέπτου αντί των μερικών δευτερολέπτων, που αναφέρεται ότι λάμπει.

6.36 Οι αστραπές της υδρογονοβόμβας υπάρχει περίπτωση να προέρχονται από φορτίο που παράγεται, όταν οι ακτίνες γάμμα της έκρηξης διασκορπίζουν ηλεκτρόνια από τα μόρια του αέρα. Οι «προάγγελοι» των εκλάμψεων διαδίδονται φαινομενικά προς τα πάνω, ξεκινώντας από τις κορυφές των οργανωμένων κατασκευών της επιφάνειας. Όμοιοι «προάγγελοι», που διαδίδονται προς τα πάνω - και συγκρούονται με αυτούς που κατέρχονται, στις συνηθισμένες αστραπές (βλ. ερ.6.32) - έχουν παρατηρηθεί να ξεκινούν από υψηλές κατασκευές, όπως το Empire State Building *. Επειδή οι «προάγγελοι» κινούνται προς τα πάνω, το ίδιο θα κάνουν και οι διακλαδώσεις τους.

* Σ.τ.Μ.: Είναι ο μεγαλύτερος ουρανοξύστης της Ν.Υόρκης.

6.37 Όταν φτάνει η λάβα στη θάλασσα, εκτινάσσονται προς τα πάνω υδρατμοί, φορτισμένοι θετικά. Μετά απ'αυτόν τον εξιονισμό, τα σύννεφα των υδρατμών εκφορτίζονται, πέφτοντας πάλι στον ωκεανό, ενώ τα ηλεκτρόνια συνεχίζουν την ανοδική πορεία τους. Το ανερχόμενο ρεύμα των ηλεκτρονίων αποτελεί την αντίθετη διαδικασία απ'αυτήν που ακολουθεί ένας συνηθισμένος κεραυνός (βλ. ερ.6.32).

6.38 Οι κεραυνοί των σεισμών δεν έχουν κατανοηθεί επαρκώς. Τελευταία τους απέδωσαν σε πιεζοηλεκτρικά πεδία, που δημιουργούνται, όταν διαδίδονται τα σεισμικά κύματα είτε στην επιφάνεια είτε σε βαθύτερα πετρώματα. (Στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο τα ηλεκτρικά πεδία δημιουργούνται, όταν ένα υλικό δέχεται μηχανικές τάσεις. Το διαμάντι, που χρησιμοποιείται στις κεφαλές των σύγχρονων πικ-απ αποτελεί παράδειγμα πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου, διότι παράγονται ηλεκτρικά πεδία από τις μηχανικές τάσεις που αναπτύσσονται στα αυλάκια του δίσκου). Σύμφωνα μ'αυτή την υπόθεση τα ηλεκτρικά πεδία αυτά πρέπει να είναι τόσο ισχυρά, ώστε να προκαλούν ατμοσφαιρικές εκφορτίσεις στην επιφάνεια της γης. Λείπει όμως ακόμη η λεπτομερειακή ανάλυση και η επαλήθευση της υπόθεσης αυτής.

6.39 Το αιχμηρό μεταλλικό έλασμα πρέπει να πρόσφερε ένα αρκετά ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο, ικανό να έλξει το ρεύμα και να επιτρέψει στον Φραγκλίνο να εκτελέσει το πείραμα. (Όσο πιο αιχμηρό είναι ένα αντικείμενο, τόσο ισχυρότερο είναι το ηλεκτρικό πεδίο, που το περιβάλλει). Η μεταξωτή κορδέλα μόνωνε αυτόν από τον υγρό αγώγιμο σπάγκο. Το κλειδί πρόσφερε μερικές αιχμές για ορατές εκφορτίσεις του ρεύματος ηλεκτρονίων, που κατέβαιναν από το σπάγκο. Ο Φραγκλίνος εικονίζεται συνήθως να εκτελεί το πείραμά του κατά τη διάρκεια καταιγίδας, που συνοδεύεται από πολλούς κεραυνούς. Αλλά δεν ήταν τόσο ανόητος. Αν έπληττε ένας κεραυνός το χαρτατεό, θα έκαιγε και αυτόν και το σπάγκο και κατά πάσα πιθανότητα και το Φραγκλίνο, είτε υπήρχε είτε όχι

το κομμάτι της μεταξωτής κορδέλας. Στην πραγματικότητα ο Φραγκλίνος «πέταγε» το χαρταετό του, πριν φτάσει η καταιγίδα.

6.40 Σκοπός του αλεξικέραυνου είναι να προσφέρει ασφαλή διέξοδο προς το έδαφος στο κατερχόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Η κορυφή του περιβάλλεται από ένα ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο, που μπορεί να θέσει σε κίνηση τον ανερχόμενο δίαυλο («ουραγό»), ο οποίος θα συναντηθεί με τον κατερχόμενο «προάγγελο» (βλ. ερ.6.32). Από τη στιγμή που γίνεται η επαφή των δύο ρευμάτων, η ροή των ηλεκτρονίων μέσω του διαύλου ιονισμού συνεχίζεται στο στέλεχος του αλεξικέραυνου μέχρι να συναντήσει το έδαφος (στο σημείο που είναι αυτό βυθισμένο). Η πιθανότητα να χτυπήσει ο κεραυνός την κατασκευή, στην οποία στηρίζεται το αλεξικέραυνο, είναι πολύ μικρή. Το αλεξικέραυνο δεν μπορεί να εκφορτίσει ένα διερχόμενο σύννεφο, ώστε να αποφευχθεί ο κεραυνός διότι μια τέτοια εκφόρτιση καθυστερεί πολύ. Η ραδιενεργός πηγή, που μερικοί προτείνουν να τοποθετηθεί στην κορυφή του αλεξικέραυνου, δε βοηθά καθόλου· αντίθετα, αν τη διασπάσει ο κεραυνός, γίνεται μάλλον επικίνδυνη.

6.41 Εάν το δέντρο είναι εντελώς υγρό, το ρεύμα κατεβαίνει μέσα από το υδάτινο «περικάλυμμα» και εγκαταλείπει το δέντρο, χωρίς να του προκαλέσει ζημιά. Διαφορετικά το ρεύμα εισδύει στο δέντρο και κατεβαίνει, περνώντας μέσα από τους χυμούς του. Στην περίπτωση αυτή το δέντρο διαρρηγνύεται εξαιτίας της γρήγορης θέρμανσης και διαστολής του χυμού. Η βελανιδιά κινδυνεύει περισσότερο από τα άλλα δέντρα, διότι έχει πολλές ανωμαλίες στο φλοιό της. Εάν πέσει ο κεραυνός, όταν αρχίζει η βροχή, μπορεί να καταστρέψει τη βελανιδιά, διότι εξαιτίας της ανώμαλης επιφάνειας του φλοιού της θα έχει βραχεί μόνο η κορυφή της. Το αντίθετο συμβαίνει σ'ένα άλλο δέντρο με λείο φλοιό, το οποίο θα έχει ήδη βραχεί μέχρι τη ρίζα. Οι φωτιές του δάσους προκαλούνται από κεραυνούς, που δημιουργούν συνεχές ρεύμα μέσα στο δίαυλο εκφορτίσεως. Αυτό το συνεχές ρεύμα δεν παράγεται πάντα· γι'αυτό και δεν προκαλούν πυρκαγιές όλοι οι κεραυνοί, που πέφτουν πάνω στα δέντρα.

6.42 Το υψηλής συχνότητας ρεύμα των κεραυνών και των αστραπών δε διαπερνά τα μεταλλικά τοιχώματα των αυτοκινήτων, των αεροπλάνων και των άλλων παρόμοιων οχημάτων αλλά παραμένει στα εξωτερικά στρώματα του μετάλλου. Αν εξαιρέσουμε την περίπτωση διαρροής καυσίμων, η οποία είναι δυνατό να προκαλέσει έκρηξη, οι ταξιδιώτες δε θα αντιληφθούν ότι τους χτύπησε κεραυνός.

6.43 Οι σταγόνες νερού που υπάρχουν μέσα στα σύννεφα, οφείλουν κατά ένα μέρος την αιώρησή τους σε τοπικά ηλεκτρικά πεδία. Το ξέσπασμα ενός κεραυνού μειώνει την ένταση αυτών των πεδίων, προκαλώντας έτσι πτώση των σταγόνων, (με τη μορφή ξαφνικής μπόρας). Όταν όμως η ένταση των ηλεκτρικών πεδίων ξαναπαίρνει την αρχική τιμή, η βροχόπτωση μειώνεται.

6.44 Η γρήγορη εξάτμιση και διαστολή της υγρασίας του δέρματός σας αποσπά βίαια τα ρούχα και τα παπούτσια σας. Μένετε συνεπώς σώος και αβλαβής, διότι διαρρέει το σώμα σας πολύ λίγο ρεύμα.

6.45 Το ρεύμα του κεραυνού, όταν φτάνει στο έδαφος, διασπείρεται και ένα μέρος του διαδίδεται οριζόντια. Εάν κατέχει η αγελάδα τη θέση που βλέπουμε στην εικόνα 6.45, μια σημαντική ποσότητα ρεύματος εισέρχεται από τα μπροστινά της πόδια και εξέρχεται από τα πίσω «κεραυνοβολώντας την». Εάν σας βρεί στο ύπαιθρο μια καταιγίδα, δεν πρέπει να ξαπλώσετε στο έδαφος, διότι, αν πέσει κεραυνός κοντά σας, η διαφορά δυναμικού που θα δημιουργηθεί ανάμεσα στο κεφάλι σας και τα πόδια σας, μπορεί να προκαλέσει ισχυρό ρεύμα, ικανό να σας σκοτώσει. Εάν δε θέλετε να μείνετε όρθιος, είναι προτιμότερο να σταθείτε «καθιστός». Μ'αυτό τον τρόπο το κεφάλι σας βρίσκεται σε χαμηλό ύψος, ενώ ταυτόχρονα η επιφάνεια επαφής σας με το έδαφος είναι η ελάχιστη δυνατή. Έτσι, η διαφορά δυναμικού από το ένα άκρο της επιφάνειας επαφής στο άλλο είναι μικρή, και η ένταση επομένως του ρεύματος, που θα σας διαπεράσει, θα είναι εξίσου μικρή.

6.46 «Οι Διόσκουροι» που συμβαίνουν κοντά στο έδαφος, και «η αίγλη των Άνδεων» (βλ.ερ.6.48) είναι δύο παραδείγματα εκκενώσεων στέμματος· συμβαίνουν δηλαδή, όταν το ηλεκτρικό πεδίο που περιβάλλει αιχμηρά κυρίως αντικείμενα, είναι τόσο ισχυρό, ώστε μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρική εκκένωση

(με το έδαφος). «Η αίγλη των Άνδεων» είναι ιδιαίτερα ισχυρή εκκένωση στέμματος, η οποία παραμένει χωρίς πλήρη εξήγηση. «Διόσκουροι» μπορεί να εμφανιστούν και στα φτερά ενός αεροπλάνου που πετά, ενώ χιονίζει ή βρέχει. Το φαινόμενο οφείλεται στη φόρτιση των φτερών με τους τρόπους που αναφέραμε στις ερ. 6.7, 6.10 και 6.14).

6.47 Εάν εισχωρήσει ισχυρό ηλεκτρικό ρεύμα στο σώμα ενός ανθρώπου, θα υποκύψει αυτός στο μοιραίο λόγω εσωτερικών εγκαυμάτων. Αλλά μπορεί να μη διεισδύσει το ρεύμα, αν τύχει και είναι βρεγμένο το σώμα. Σ'αυτή την περίπτωση το ρεύμα περνά από το στρώμα του νερού, που καλύπτει την επιδερμίδα. (Τα βρεγμένα δέντρα δεν παθαίνουν συνήθως καμιά ζημιά, όταν τα χτυπήσει κεραυνός· βλ.ερ.6.41). Σταματά λοιπόν η καρδιά και η αναπνοή από το ηλεκτρικό σοκ. Αν όμως καταφύγουμε γρήγορα στη μέθοδο της τεχνητής αναπνοής, μπορεί να αποσοβήσουμε το μοιραίο. Πολλές φορές, ο κεραυνός δε χτυπά άμεσα το θύμα του αλλά μ'ένα πλευρικό «αγκάλιασμα», που προέρχεται από άλλο αντικείμενο, το οποίο χτυπήθηκε άμεσα από τον κεραυνό ή από το ρεύμα, που διαδόθηκε μέσα στο έδαφος (βλ.ερ.6.45). Ένας συγγραφέας υποστηρίζει ότι οι περισσότεροι άνθρωποι πεθαίνουν, διότι αυτοί που προσφέρουν τις πρώτες βοήθειες, τους θεωρούν πολύ πρόωρα νεκρούς. Πρέπει συνεπώς να προσφέρονται πάντα πρώτες βοήθειες στα θύματα ενός κεραυνού.

6.48 Βλέπε την απάντηση της 6.46.

6.49 Η βελόνα δεν περιστρέφεται, επειδή πέφτει πάνω της κάτι ή επειδή την έλκει κάποιο αντικείμενο αλλά εξαιτίας του ιονισμού του αέρα, που συμβαίνει κοντά στις άκρες της. Μόλις ιονισθεί ο αέρας από το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο, οι άκρες της και τα ιόντα του αέρα, επειδή έχουν ομώνυμο φορτίο, απωθούνται. Ο ιονισμός και συνεπώς η άπωση είναι ανεξάρτητα από τη θετική ή αρνητική φόρτιση της βελόνας.

6.50 Η υψηλή εναλλασσόμενη τάση επάγει εναλλασσόμενο ρεύμα μέσα στα μεταλλικά αντικείμενα, που βρίσκονται κοντά της. Έτσι γίνεται πιθανή μια ξαφνική εκφόρτιση, αν αγγίξει αυτά κάποιος απρόσεκτος.

7

7.1 Όσο σαγηνευτική κι αν είναι για τον άνθρωπο η πιθανότητα επικοινωνίας με μια εξωγήινη κοινωνία, πρέπει να είμαστε πολύ επιφυλακτικοί μπροστά στον καταιγισμό των μαρτυριών για «ιπτάμενους δίσκους». Αυτό που πρέπει να θεμελιώνει τη δυσπιστία μας, είναι οι βασικοί νόμοι της Φυσικής, τους οποίους έχει ανακαλύψει ο άνθρωπος. Αν αυτές οι πολυάριθμες μαρτυρίες αποδεικνύονταν ακριβείς, θα έπρεπε να είχαν παραβιαστεί οι θεμελιώδεις νόμοι της Φυσικής. Η ιδέα της βαρυτικής θωράκισης είναι τελείως αστήριχτη. Εάν ήταν δυνατό, όπως υποστηρίζει ο H.G. Wells, να εκμηδενίσουμε την επίδραση του γήινου βαρυτικού πεδίου, ενώ το διαστημόπλοιο θα δέχεται την επίδραση του πεδίου βαρύτητος της σελήνης, η επιτάχυνση του διαστημόπλοιου θα ήταν υπερβολικά μικρή, περίπου το 1 εκατομμυριοστό της επιτάχυνσης, που έχει ένα σώμα, το οποίο πέφτει ελεύθερα κοντά στην επιφάνεια της γης. Κανένα εξάλλου πειραματικό δεδομένο δε θεμελιώνει την ύπαρξη της αντιβαρύτητας ή της βαρυτικής θωράκισης και μερικές τέτοιες υποθέσεις συχνά εμφανίζονται ασυνεπείς στις αρχές της μοντέρνας Φυσικής.

7.3 Έχουν δημοσιευτεί πολλές εργασίες, στις οποίες επιχειρείται η επίλυση αυτού του παράδοξου. Μια υπόθεση δέχεται ότι το σύμπαν έχει περιορισμένη ακτίνα, μια άλλη υποστηρίζει ότι το φως των μακρινών αστεριών μετατοπίζεται τόσο πολύ προς το ερυθρό, ώστε καταντά να γίνεται ανύπαρκτο. (Η μετατόπιση προς το ερυθρό αποτελεί την εφαρμογή του φαινομένου Doppler στην Οπτική-όταν μια φωτεινή πηγή πλησιάζει ή απομακρύνεται από τον παρατηρητή-και είναι ανάλογη με αυτήν που παρατηρείται στον ήχο βλ.ερ.1.65). Η επιχειρηματολογία που θα παραθέσουμε, είναι πιθανώς η καλύτερη και έχει αναπτυχθεί τελευταία από τον E.R.Harrisson. Ο ουρανός δεν είναι κατάφωτος, διότι οι προηγούμενες θεωρίες που υποστήριζαν ότι όλα τα αστέρια λάμπουν ταυτόχρονα, είναι λανθασμένες. Η μέση ζωή ενός αστεριού είναι 10^{10} χρόνια. Αν νομίζετε ότι ο χρόνος αυτός είναι τεράστιος, κάνετε λάθος· αντίθετα είναι μικρός σε σύγκριση με 10^{24} χρόνια, που χρειάζεται το σύμπαν για να φτάσει σε θερμοδυναμική ισορροπία. Αυτό σημαίνει ότι οι φωτεινές εκπομπές των αστεριών εί-

ναι πολύ ασθενείς για να γεμίσουν τα τεράστια μεσοαστρικά κενά κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

7.4 Η προέλευση των νυκτερινών φωτεινών νεφών είναι σκοτεινή· δημιουργείται κατά πάσα πιθανότητα από τη συμπύκνωση και την ψύξη του νερού γύρω από σωματίδια σκόνης της μεσόσφαιρας (είναι η σχετικά πιο κρύα περιοχή της ατμόσφαιρας και απέχει περίπου 80 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης). Η σκόνη αυτή ίσως είναι κοσμική σκόνη (προέρχεται δηλαδή από διάφορα αστέρια), ή σκόνη κομητών (εκτινάσσεται δηλαδή από τον κομήτη, την ώρα που περνά κοντά από τον ήλιο) ή σκόνη από την ζώνη των αστεροειδών. Επειδή είναι ελάχιστος ο φωτισμός τους, εμφανίζονται μόνο την ώρα του λυκόφωτος. Παρουσιάζονται τότε, διότι βρίσκονται σε μεγάλο ύψος και φωτίζονται από τον ήλιο που δύει, ενώ ο παρατηρητής βρίσκεται ήδη στο μισοσκόταδο. Η κυματοειδής μορφή τους οφείλεται στη δίοδο ατμοσφαιρικών κυμάτων βαρύτητας, σε περιοδικές μεταβολές της πυκνότητας και της θερμοκρασίας του αέρα.

7.5 Δεν έχω καμιά απάντηση γι'αυτό το πρόβλημα και η βιβλιογραφία δε μας βοηθά καθόλου για τη λύση του. Διάφορα πειράματα, που έγιναν με σκοπό να αποδείξουν στατιστικά ότι οι ραβδοσκόποι κάνουν επιτυχείς προβλέψεις, είναι περιθωριακά και ελάχιστα πειστικά· έτσι, γίνονται πιστευτά μόνο από αυτούς που ήδη έχουν πειστεί. Μέχρι να δημοσιευτεί λοιπόν μια εργασία, στην οποία θα περιγράφεται προσεκτικά το πείραμα και τα αποτελέσματά του, διατηρούμε το δικαίωμα να θεωρούμε τη ραβδοσκοπία ως μορφή μαγείας. Εάν δεχόταν, για παράδειγμα, ο ραβδοσκόπος ένα ασθενικό ηλεκτρομαγνητικό σήμα, θα έπρεπε να μπορούσαμε να το καταγράψουμε με μια ευαίσθητη συσκευή ανίχνευσης· θα έπρεπε επίσης τα αποτελέσματα της μέτρησης αυτής να συσχετίζονται με αυτό του ραβδοσκόπου.

7.6 Τα κύματα στο χιόνι οφείλονται πιθανώς σε προοδευτική πτώση της ελεύθερης επιφάνειας του χιονιού, διότι αυτή καλύπτει ένα δομικά ασθενές στρώμα πάγου, φαινόμενου που καταλήγει κάποτε σε χιονοστιβάδα. (Βλ.ερ.3.47)

7.8 Οι πρώτοι, τελείως αυθαίρετοι υπολογισμοί του David Stones στο περιοδικό Geotimes τον Οκτώβριο του 1969, κατέληγαν στο συμπέρασμα ότι ένα άλμα όλων μαζί των Κινέζων θα προκαλούσε σεισμό έντασης 4,5 βαθμών της κλίμακας Richter. Το άλμα αυτό θα κατάστρεφε ασφαλώς ένα τμήμα της Κίνας. Αλλά, αν ενισχυόταν το σεισμικό κύμα λόγω συντονισμού, οι καταστροφές θα επεκτείνονταν και αλλού. Για να επιτευχθεί αυτός ο συντονισμός, οι Κινέζοι θα έπρεπε να επαναλαμβάνουν το άλμα κάθε 53 έως 54 δευτερόλεπτα, χρονικό διάστημα που θα ήταν απαραίτητο, για να κάνει το κύμα το γύρω της γης. Ο λαός του κράτους, που θα ήταν ο στόχος του «Κινέζικου άλματος», θα έπρεπε να επιχειρεί άλματα και αυτός, ώστε να δημιουργεί κύματα, που θα εξουδετέρωναν τα Κινέζικα κύματα. Επειδή όμως το υποψήφιο «κράτος-θύμα» θα έχει οπωσδήποτε μικρότερο πληθυσμό, τα άλματα πρέπει να γίνουν από μεγαλύτερο ύψος. Ένας αναγνώστης μάλιστα των Times παρατήρησε ότι οι Αμερικανοί θα πρέπει να πηδούν με τα γόνατα τεντωμένα, για να προσφέρουν το μεγαλύτερο δυνατό ποσό ενέργειας στα σεισμικά κύματα. Τη διαφορά ανάμεσα στην ενέργεια που μεταδίδεται, όταν τα γόνατα είναι τεντωμένα, και σ'αυτήν που μεταδίδεται, όταν είναι λυγισμένα, δεν την καταλαβαίνω, αφού πρόκειται για την ίδια δυναμική ενέργεια και στις δύο περιπτώσεις. Ο ίδιος αναγνώστης πιστεύει ότι, αν ήταν σωστό, αυτό το επιχείρημα, μοναδική συνέπεια «θα αποτελούσε η διαπεραστική κραυγή του 1 δισεκατομμυρίου αναπήρων Κινέζων».

7.9 Τα μόρια των πρωτεϊνών στο ασπράδι του αυγού είναι ανακατωμένα «όπως τα μακαρόνια». Με το χτύπημα ή το βράσιμο τα μακρομόρια αυτά ξεμπλέκονται και έλκονται μεταξύ τους έτσι, ώστε να αποκτούν στερεότερη δομή.

7.10 Δε νομίζω ότι έχει δημοσιευτεί κάποια εξήγηση για τη γραμμή συμπίεσης των κολλητικών ταινιών. Μπορούμε όμως να υποθέσουμε ότι οφείλεται στη ροή του κολλητικού στρώματος προς τη γραμμή, που διαχωρίζει την επιφάνεια από την ταινία.

7.11,7.12,7.13 Τα τρία αυτά φαινόμενα στην ουσία συμπυκνώνονται σε ένα. Εγώ θα σας εξηγήσω το πρώτο· τα δύο άλλα τα αφήνω σε σας. Ο Osborne Reynolds, το 1985, εξήγησε πως ασπρίζει η άμμος όταν την πατάμε, διότι παρατήρησε ότι μεγαλώνει ο όγκος

της. Πριν ασκήσουμε πίεση στην άμμο, οι κόκκοι της βρίσκονται, όσο είναι δυνατό, ο ένας κοντά στον άλλο. Κάτω όμως από τη διατμητική δύναμη του ποδιού μας αυξάνουν οι αποστάσεις μεταξύ των κόκκων, (επομένως και ο όγκος της άμμου). Ενώ όμως το επίπεδο της άμμου ανέρχεται απότομα, το επίπεδο του νερού αργεί να ακολουθήσει, διότι κινείται λόγω τριχοειδών δυνάμεων. Έτσι το πέλμα μας ανεβάζει την ελεύθερη επιφάνεια της άμμου πάνω από την επιφάνεια του νερού, αφήνοντάς την ξερή και άσπρη.

7.14 Οι πιο σύγχρονες εργασίες απέδειξαν ότι το ποσό της κοσμικής ακτινοβολίας, που πέφτει πάνω στα αεροπλάνα, τα οποία πετούν σε μεγάλο ύψος, δεν είναι τόσο μεγάλο, ώστε να καταντά επικίνδυνο. Η ακτινοβολία από τον Ήλιο παράγεται κυρίως κατά τη διάρκεια των ηλιακών εκλάμψεων. Παλιότερα νομίζαμε ότι ο σοβαρότερος κίνδυνος προέρχεται από τους βαρείς πυρήνες, που παράγονται στο γαλαξία μας και μπορούν στο τέλος της διαδρομής τους, αν διεισδύσουν μέσα στο ανθρώπινο σώμα να παράγουν «απορροφηθείσα δόση» 1.000 rads. Αν συγκρίνουμε την τιμή αυτή με εκείνη των 100 rads ανά εβδομάδα, που θεωρείται ως μεγίστη ανεκτή για τους εργαζόμενους κοντά σε διατάξεις ακτινοβολίας, τότε αντιλαμβανόμαστε εύκολα τον κίνδυνο. Η ροή όμως των βαριών πυρήνων στα ύψη των αεροπορικών πτήσεων είναι ένα ελάχιστο ποσοστό αυτής, που υπάρχει στο διάστημα, και γι' αυτό δεν αποτελεί σοβαρό κίνδυνο. (Μεγαλύτερο κίνδυνο αποτελούν για τους ακατάλληλα «προφυλαγμένους» αστροναύτες). Μολονότι η πρωτογενής κοσμική ακτινοβολία δεν είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για τους επιβάτες των αεροπλάνων, δεν είμαστε ακόμη βέβαιοι για την επίδραση των δευτερογενών νετρονίων, των πρωτονίων χαμηλής ενέργειας και των σωματιδίων άλφα, που παράγονται από τα πρωτογενή σωματίδια.

7.15 Οι λάμψεις , που παρατηρούνται από τους αστροναύτες και τους ερευνητές, που εκτίθενται σε δέσμες επιταχυνομένων σωματιδίων, οφείλονται σε ποικίλους μηχανισμούς. Τα σωματίδια των κοσμικών ακτίνων, όπως και των εργαστηριακών δεσμών, είναι πιθανό να παράγουν φως μέσω του μηχανισμού της ακτινοβολίας Cerenkov, που διεγείρει άμεσα τον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού και κάνει το φακό του να φθορίζει. (Η ακτινοβόλία Cerenkov παράγεται, όταν η ταχύτητα κάποιου στοιχειώδους σωματίου, το οποίο κινείται μέσα σ'ένα υλικό μέσο, ξεπεράσει την ταχύτητα του φωτός στο ίδιο μέσο. Η ακτινοβολία σχηματίζει ένα «κρουστικό κύμα» ανάλογο με αυτό των υπερηχητικών αεροπλάνων στην κορυφή του οποίου βρίσκεται το σωμάτιο). Μερικές από τις φωτεινές λάμψεις συνδέονται, όπως φαίνεται, με τη φωτοφάνεια, που συζητήσαμε στην ερ.5.122.

7.16 Η ικανότητα των ακτίνων Χ, της υπερέρυθρης και της υπεριώδους ακτινοβολίας να ανακαλύπτουν τα πολλαπλά στρώματα, που υπάρχουν σε πίνακες ζωγραφικής, οφείλεται στο ότι τα χρώματα και τα άλλα υλικά επίστρωσης αντιδρούν διαφορετικά στις ακτινοβολίες, που προαναφέρθηκαν. Η ανάλυση για παράδειγμα με τη βοήθεια της υπερέρυθρης ακτινοβολίας του πίνακα «Ο Γάμος του Arnolfini» του Van Eyck αποκάλυψε ένα αρχικό σχέδιο του δεξιού χεριού του Arnolfini, που είχε γίνει με κάρβουνο σε άσπρο φόντο από κιμωλία. Το σχέδιο καλύφτηκε τότε με ελαιόχρωμα. Στην «υπερέρυθρη όμως φωτογραφία» που τραβήχτηκε, εμφανίστηκε το αρχικό σχέδιο του χεριού, διότι το κάρβουνο σε σύγκριση με την κιμωλία απορροφά εντονότερα την υπερέρυθρη ακτινοβολία· γι'αυτό εξάλλου και εμφανίζεται το χέρι πολύ πιο σκοτεινό στη φωτογραφία αυτή. Με τη χρησιμοποίηση υπεριώδους ακτινοβολίας τα διάφορα ελαιοχρώματα παρουσιάζουν διαφορετικό φθορισμό και έτσι μπορούν να διακριθούν οι διάφορες μετατροπές στον πίνακα.

7.17 Μέρος της ενέργειας της σωματιδιακής και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπονται, όταν αρχίζει η έκρηξη, απορροφάται από τον αέρα, που βρίσκεται γύρω από τη θέση της έκρηξης. Τα μόρια του αέρα διεγείρονται και ιονίζονται έντονα, με αποτέλεσμα να εκπέμπουν ορατό φως κατά την αποδιέγερση και τον επανασχηματισμό τους, ο οποίος ακολουθεί. Η μισή περίπου από την αρχική ενέργεια της έκρηξης απελευθερώνεται με τη μορφή της μηχανικής ενέργειας (και αναπτύσσει ένα κρουστικό κύμα), το ένα τρίτο περίπου με τη μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (υπεριώδους-ορατής υπερέρυθρης, ακτίνων Χ και γ). Η υπόλοιπη ενέργεια προσδίδεται στα στοιχειώδη σωμάτια. Το κρουστικό κύμα συμπιέ-

ζει ταχύτατα τον αέρα και τον θερμαίνει σε σημείο πυράκτωσης. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια της πύρινης σφαίρας φτάνει σε χρόνο 10^{-4} του δευτερολέπτου τους 3.10^5 °K τουλάχιστον μετά την έκρηξη. Η πύρινη σφαίρα διαστέλλεται και ψύχεται, καθώς απομακρύνεται το κρουστικό κύμα απ' αυτήν· έτσι σταματά την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας.

7.18 Αν και δεν είχε ο Herbert κάτι τέτοιο υπόψη του, υπάρχει όμως ένα ανάλογο φυσικό φαινόμενο. Εάν ταλαντώνεται ένας μεταλλικός δίσκος μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός πεταλοειδούς μαγνήτη, η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα Joule. Αναπτύσσονται δηλαδή ηλεκτρικά ρεύματα μέσα στο δίσκο, που οφείλονται στις μεταβολές της μαγνητικής ροής του πεδίου μέσα από αυτόν. Η ροή αυξάνει αρχικά, όσο ο δίσκος πλησιάζει στο χώρο μεταξύ των πόλων, και στη συνέχεια μειώνεται, όσο αυτός απομακρύνεται. Τα ηλεκτρικά ρεύματα προκαλούν τη θέρμανση του δίσκου με τον ίδιο τρόπο που θερμαίνει το ηλεκτρικό ρεύμα τα πηνία ενός ηλεκτρικού φούρνου. Τελικά η αρχική κινητική ενέργεια του δίσκου μετατρέπεται εξολοκλήρου σε θερμότητα και ο δίσκος ακινητοποιείται.

7.19 Οι σύγχρονες εργασίες πάνω στην τριβή διαψεύδουν τις παλιότερες θεωρίες, που την απέδιδαν στις επιφανειακές ανωμαλίες των σωμάτων. Αντίθετα, υποστηρίζουν την άποψη ότι η τριβή οφείλεται στην προσκόλληση των δύο επιφανειών (που οφείλεται σε μερικές έλξεις). Σε αντίθεση όμως με τα παραπάνω, πολλά εγχειρίδια Φυσικής συνεχίζουν να θεωρούν ότι η τριβή οφείλεται στην αλληλοδιείσδυση των επιφανειακών ανωμαλιών.

7.20 Ο καθαρός μόλυβδος είναι τόσο μαλακός, που χαράζεται με το νύχι. Όταν η σκεπή του καθεδρικού ναού θερμαινόταν το καλοκαίρι, έφτανε σε θερμοκρασία 80° C περίπου, γεγονός που έκανε το μόλυβδο τόσο ελατό ώστε να ρέει κάτω από το ίδιο του το βάρος. Επειδή ο λιγότερο καθαρός μόλυβδος (τα κράματα μολύβδου) είναι πολύ λιγότερο ελατός, η σκεπή του ναού επανακατασκευάσθηκε με ένα κράμα μολύβδου και αντιμονίου σε περιεκτικότητα 94% και 6% αντίστοιχα. Ανάλογες κατασκευές στις ευρωπαϊκές χώρες δεν αντιμετώπισαν τα ίδια προβλήματα, διότι και ο μόλυβδός τους δεν ήταν καθαρός και η θερμοκρασία των καλοκαιρινών ημερών δεν ήταν τόσο μεγάλη.

7.21 Η σχίση * των σωμάτων ξεκινά από διάφορα μικρά ελαττώματα στη δομή τους (κοιλότητες, εγκλείσματα, προσμίξεις κ.λ.π.) που δημιουργούνται, όταν κατασκευάζονται και είναι αόρατα σε γυμνό μάτι. Στη συνέχεια αναπτύσσονται και μεγαλώνουν, ενώ χρησιμοποιείται το σώμα και αρχίζει η φυσιολογική του φθορά. Οι σχίσεις αυτές αυξάνουν πολύ την ευθραυστότητά τους, επειδή συγκεντρώνονται εκεί οι καταπονήσεις και οι πιέσεις που δέχεται. Με την έννοια συγκέντρωση εννοούμε ότι μια μικρή δύναμη, που δε θα μπορούσε να κομματιάσει το σώμα, εάν δεν υπήρχαν σ'αυτό σχίσεις, μπορεί να κάνει κάτι τέτοιο, αναπτύσσοντας σχίσεις στη μάζα του σώματος. Άλλες σχίσεις εξαπλώνονται λόγω της διάβρωσης. Σ' αυτές διεισδύουν ξένα μόρια, σπάζουν τους χημικούς δεσμούς των μορίων του σώματος και στη συνέχεια αντιδρούν μαζί τους. Εάν η νέα μοριακή δομή που δημιουργείται, καταλαμβάνει μεγαλύτερο όγκο από την αρχική, τότε αναπτύσσονται δυνάμεις μέσα στη σχίση, που τελικά μεγαλώνει.

*Σ.τ.Μ: Φυσικά αυτά που ακολουθούν δεν αναφέρονται στο ειδικό θέμα του σχισμού των κρυστάλλικών σωμάτων ο οποίος είναι μια από τις ανυσματικές τους ιδιότητες.

7.22 Η διάβρωση αρχίζει, όταν τα ηλεκτρόνια του βρεγμένου νικελίου διασχίζουν το στρώμα του οξειδίου, που υπάρχει στην επιφάνεια του χρωμίου και έρχονται σε επαφή με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Έτσι δημιουργείται μια αργή διάλυση του νικελίου στο σημείο που υπάρχει το ελάττωμα. Η ταχύτητα όμως της αντίδρασης εξαρτάται από τη ροή των ηλεκτρονίων. Εάν υπάρχουν λίγα επιφανειακά ελαττώματα (για παράδειγμα στον προφυλακτήρα του αυτοκινήτου σας), τα ηλεκτρόνια θα προέρχονται από λίγα σημεία κι έτσι το νικέλιο θα διαλύεται γρήγορα, με αποτέλεσμα το σίδερο να έρχεται σε επαφή με τον αέρα και να σκουριάζει. Εάν όμως υπάρχουν πολλά μικρά ελαττώματα, τότε αντιστοιχούν λίγα ηλεκτρόνια σε κάθε ελάττωμα· η διάλυση συνεπώς του νικελίου και η οξείδωση του σιδήρου γύρω από κάθε ελάττωμα είναι πολύ αργές και έτσι αυξάνει η διάρκεια ζωής του προφυλακτήρα.

7.23 Η διαδικασία του γυαλίσματος μιας επιφάνειας δε συνίσταται στη μεταφορά του υλικού των εξογκωμάτων στις κοιλότητες ούτε στην τήξη της επιφάνειας. Το γυάλισμα είναι η αφαίρεση των εξογκωμάτων της επιφάνειας. Εάν το τρίψιμο γίνεται με μεγάλη δύναμη, αφαιρούνται ένα-ένα τα μόρια. Το ύψος τελικά των εξογκωμάτων μικραίνει, δε διακρίνεται η διαφορά από τα κοιλώματα και η επιφάνεια από μικροσκοπική άποψη χαρακτηρίζεται λεία.

7.24 Οι κολλητικές ιδιότητες διαφόρων ουσιών οφείλονται στην έλξη που ασκούν τα μόριά τους στα μόρια των σωμάτων, στα οποία επικολλώνται. Αν και θεωρητικά κάθε υλικό σώμα μπορεί να έχει συγκολλητικές ιδιότητες, δεν τους επιτρέπουν οι υπόλοιπες ιδιότητές τους να παρουσιάζουν τέτοια δράση. Οι περισσότερες κόλλες είναι υγρές αρχικά, για να διευκολύνεται η τέλεια επαφή τους με το σώμα, πάνω στο οποίο απλώνονται. Για να κολλήσουν δυο επιφάνειες πρέπει να απέχουν μόνο λίγα Angstrom. (1 Angstrom ισούται με 10^{-10} μέτρα· τέτοιο μήκος έχουν περίπου οι ακτίνες των ατόμων και των μικρών μορίων). Τα περισσότερα στερά έχουν πολύ τραχιές επιφάνειες κι έτσι δεν έχουν καλή επαφή, ώστε να κολλούν το ένα με το άλλο. Η υγρή κόλλα εξυπηρετεί στο να καλύπτει αυτές τις ανωμαλίες και να παρέχει καλύτερη επαφή. Οι ακαθαρσίες, που έχουν οι επιφάνειες των στερεών σωμάτων, αποτελούν ένα πρόσθετο λόγο, που εμποδίζει να κολλήσουν. (Τα ίδια ισχύουν φυσικά και για τα σπασμένα κομμάτια του φλιτζανιού του καφέ). Εάν ήταν τα δυο κομμάτια καθαρά και λεία, θα ήταν δυνατό να κολλήσουν μόνα τους. Το φαινόμενο αυτό το παρατηρούμε στο ορυκτό μίκα, όταν φέρουμε σε επαφή δυο επιφάνειές του, που έχουν διαχωριστεί πριν ελάχιστο χρόνο. Εάν όμως περιμένουμε μερικά δευτερόλεπτα, ο αέρας με τη σκόνη που μεταφέρει, «μολύνουν» τις επιφάνειες του ορυκτού και μ' αυτόν τον τρόπο εμποδίζεται η συγκόλλησή τους.